

明 細 書

骨密度評価装置および骨密度評価方法

技術分野

- [0001] この発明は、骨密度評価装置および骨密度評価方法に関し、特に例えば下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する、骨密度評価装置および骨密度評価方法に関する。

背景技術

- [0002] 近年、下顎骨の骨密度(骨塩量)から身体全体の骨密度を評価する研究が注目されている。特に、非特許文献1には、下顎骨のうち歯槽骨の骨密度、具体的には小臼歯間(第1小臼歯と第2小臼歯との間)で、かつ歯頸部(エナメル質とセメント質との結合部分)から歯根尖側に向けて約6[mm]離れた位置における骨密度が、身体全体の骨密度と密接に関係することが、紹介されている。そして、歯槽骨のレントゲン撮影画像の濃淡度から当該歯槽骨の骨密度を推測し、その推測結果から身体全体の骨密度を評価する実験例が、記載されている。

非特許文献1: Grethe Jonasson, Gudrun Bankvall, Stavros Kiliaridis : Estimation of skeletal bone mineral density by means of the trabecular pattern of the alveolar bone, its interdental thickness, and the bone mass of the mandible. "ORAL SURGERY ORAL MEDICINE ORAL PATHOLOGY" September 2001, Volume 92, Number 3, p.346-p.352

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0003] しかし、上述の非特許文献1に開示された従来技術は、飽くまで研究レベルの技術であり、単に歯槽骨のレントゲン撮影画像の濃淡度から身体全体の骨密度を感覚的に推測できることを紹介したものに過ぎない。つまり、この従来技術では、身体全体の骨密度を正確に評価することができない。なぜなら、レントゲン撮影画像の撮影時や現像時、保管時等の諸条件(撮影時間の長さや現像液の温度、レントゲンフィルムの保管環境等)によって当該レントゲン撮影画像の濃淡度に差異が生じ、換言すれば

個々のレントゲン撮影画像毎に骨密度を評価する際の基準が異なるからである。

- [0004] そこで、この発明は、骨密度を正確に評価することができる実用的な骨密度評価装置および骨密度評価方法を提供すること、を目的とする。

課題を解決するための手段

- [0005] この発明による骨密度評価装置は、下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価するものであって、当該レントゲン撮影画像は下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含む。そして、標本体の画像の濃淡度を検出する検出手段と、この検出手段による検出結果が基準値と一致するようにレントゲン撮影画像の濃淡度を補正する補正手段と、この補正手段によって補正された補正後濃淡度に基づいて骨密度を評価する評価手段と、を具備する。
- [0006] 即ち、この発明では、1枚のレントゲン撮影画像に下顎骨の画像と標本体の画像とが並んで表示されている。このうち標本体の画像の濃淡度が、検出手段によって検出される。そして、この検出手段による検出結果が基準値と一致するように、レントゲン撮影画像の濃淡度、詳しくは下顎骨の画像の濃淡度が、補正手段によって補正される。さらに、この補正手段による補正後濃淡度に基づいて、下顎骨の骨密度、ひいては身体全体の骨密度が、評価手段によって評価される。つまり、特定の標本体の画像の濃淡度が基準値と一致するように補正された、換言すれば一定の基準の下で補正された、レントゲン撮影画像の濃淡度に基づいて、骨密度が評価される。
- [0007] なお、評価手段は、レントゲン撮影画像のうち特定領域の補正後濃淡度に基づいて評価を行うようにしてもよい。
- [0008] この場合、特定領域は、第1小臼歯の周囲の歯槽骨部分に対応する領域を含むのが、望ましい。
- [0009] また、検出手段は、標本体の画像の特定部分、例えば最も濃淡度の高い部分、或いは低い部分の濃淡度を検出するものであってもよい。つまり、当該特定部分の濃淡度が基準値と一致するように、レントゲン撮影画像の濃淡度が補正されるようにしてもよい。
- [0010] さらに、例えば標本体の厚さ寸法が一様でない場合のように、当該標本体の画像の濃淡度が場所によって異なることがある。このような場合は、検出手段によって、当

該濃淡度の平均または偏差を検出するのが、望ましい。つまり、標本体画像の濃淡度の平均または偏差が基準値と一致するように、レントゲン撮影画像の濃淡度が補正されるようにしてもよい。

- [0011] そしてさらに、上述の基準値を任意に設定する設定手段を設けてもよい。
- [0012] また、基準値は、特定のレントゲン撮影画像についての検出手段による検出結果に基づいて設定されたものであってもよい。つまり、当該特定のレントゲン撮影画像の濃淡度を基準として、他のレントゲン撮影画像の濃淡度が補正されるようにしてもよい。この場合、他のレントゲン撮影画像の濃淡度は、特定のレントゲン撮影画像の濃淡度に合わせられる。
- [0013] そして、評価手段は、補正後濃淡度をヒストグラムで表示する表示手段を含むものとしてもよい。
- [0014] さらに、評価手段は、補正後濃淡度に基づいて骨密度の程度、例えば当該骨密度が正常であるか否か、或いは改善を要するか否かを判定する判定手段を含むものとしてもよい。
- [0015] また、複数のレントゲン撮影画像のそれぞれについての評価手段による複数の評価結果を、同時に出力する出力手段をさらに設けてもよい。このようにすれば、例えば骨密度の経時的変化を把握するのに、極めて有用である。
- [0016] この発明による骨密度評価方法は、下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する方法であって、当該レントゲン撮影画像は下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含む。そして、標本体の画像の濃淡度を検出する検出過程と、この検出過程における検出結果に基づいてレントゲン撮影画像の濃淡度を補正する補正過程と、この補正過程において補正された補正後濃淡度に基づいて骨密度を評価する評価過程と、を具備する。

図面の簡単な説明

- [0017] [図1]この発明の第1実施形態を示す骨密度評価システムの全体構成図である。
- [図2]図1の骨密度評価システムにおける撮影後のレントゲンフィルムの一態様を示す図解図である。
- [図3]図2のレントゲンフィルムに貼着されるアルミニウム製ブロックの概観斜視図であ

る。

[図4]図1の骨密度評価システムにおける撮影前のレントゲンフィルムの一態様を示す図解図である。

[図5]図4のレントゲンフィルムを用いてレントゲン撮影が行われるときの状態を示す図解図である。

[図6]図1の骨密度評価システムにおいてPCのディスプレイに表示されるメイン画面の一態様を示す図解図である。

[図7]図6とは異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

[図8]図8は、図7とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

[図9]図9は、図1の骨密度評価システムにおいてPCのディスプレイに表示されるサブ画面の一態様を示す図解図である。

[図10]図9のサブ画面の一部分を拡大して示す図解図である。

[図11]図9とは異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図12]図1の骨密度評価システムにおけるテーブルの態様を概念的に示す図解図である。

[図13]図10とは異なる態様を示す拡大部分の図解図である。

[図14]図11とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図15]図8とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

[図16]図14とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図17]図15とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

[図18]図1の骨密度評価システムにおけるPCの動作を示すフローチャートである。

[図19]図18における領域選択処理の詳細を示すフローチャートである。

[図20]図19に続くフローチャートである。

[図21]図19に続く図20とは別のフローチャートである。

[図22]図1の骨密度評価システムによって得られた補正後輝度と実際のBMD値およびそのT値との比較を示す一覧表である。

[図23]図22におけるT値の所定区分と当該区分毎の補正後輝度の平均値との比較を示す表である。

[図24]図23の関係を表すグラフである。

[図25]この発明の第2実施形態の骨密度評価システムにおいてPCのディスプレイに表示されるメイン画面の一態様を示す図解図である。

[図26]図25とは異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

[図27]図26のメイン画面から表示されるサブ画面の一態様を示す図解図である。

[図28]図27とは異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図29]図12とは異なるテーブルの態様を概念的に示す図解図である。

[図30]図28とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図31]図30とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図32]図31とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図33]図32のサブ画面の後に表示されるメッセージボックスの一態様を示す図解図である。

[図34]図32とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図35]図34とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図36]図35とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図37]図36とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図38]図26とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

[図39]図37とはさらに異なるサブ画面の態様を示す図解図である。

[図40]図38とはさらに異なるメイン画面の態様を示す図解図である。

発明を実施するための最良の形態

[0018] この発明に係る歯科医療用の骨密度評価システムの第1実施形態について、図1〜図21を参照して説明する。

[0019] 図1に示すように、この第1実施形態の骨密度評価システム10は、パーソナルコンピュータ(以下、PCと言う。)12を備えている。このPC12には、CD-ROM(Compact Disc ROM)18から、骨密度評価プログラムがインストールされる。PC12は、この骨密度評価プログラムが起動されることで、骨密度評価装置として機能する。さらに、PC12には、画像入力手段としてのフィルムスキャナ14と、印刷手段としてのレーザプリンタ16とが、接続されている。また、PC12は、命令入力手段としてのキーボード20

およびマウス22と、表示手段としてのディスプレイ24とを、備えている。

[0020] このような構成の骨密度評価システム10では、レントゲンフィルム26に撮影された下顎骨の撮影画像が、フィルムスキャナ14によって読み取られ、デジタル画像データに変換される。変換された画像データは、PC12に入力され、当該PC12内の図示しないハードディスクに、例えば8ビットまたは24ビットのビットマップ形式で記録される。この要領で、ハードディスクには、同一患者の同一箇所(下顎骨)についてそれぞれ異なる日に撮影された複数の画像データが、順次記録される。

[0021] なお、レントゲンフィルム26には、下顎骨のうち主に第1小臼歯付近の画像、より具体的には、図2に示すように、第1小臼歯28と、これと隣り合う犬歯30および第2小臼歯32と、これらの歯28〜32を支える歯槽骨34との画像が、撮影されている。また、これらの歯28〜32(厳密には各歯28〜32の画像)と並んで、例えば当該各歯28〜32の上方に、後述するリファレンスバー36も撮影されている。

[0022] PC12は、かかる下顎骨の画像データ、具体的には図2に点線38で示すように第1小臼歯28の歯根40の下側半分とその周囲の歯槽骨34との画像の濃淡度から、当該歯槽骨34の骨密度(骨塩量)を評価し、ひいては身体全体の骨密度を評価する。例えば、当該濃淡度が高い(画像が明るい)場合は骨密度が高く、当該濃淡度が低い(画像が暗い)場合は骨密度が低い、と評価する。そして、この評価結果をディスプレイ24に表示する。この評価結果はまた、必要に応じてハードディスクに記録され、或いはレーザプリンタ24によってカルテ(またはカルテに添付される用紙)42に印刷される。

[0023] このように第1小臼歯28の歯根40の下側半分とその周囲の歯槽骨34とを評価の対象とするのは、上述した従来技術で紹介されているように、当該第1小臼歯28の周囲(第1小臼歯と第2小臼歯との間)の歯槽骨34の骨密度が、身体全体の骨密度と密接に関係するからである。また、歯槽骨34の上側は歯周病による影響を受け易く、例えば歯周病に罹ると歯槽骨34の上側の骨密度が低下するため、かかる歯周病による影響を排除するために当該歯槽骨34(歯根40)の上側半分を評価対象から外してある。なお、歯根40自体の成分(画像の濃淡度)は、身体全体の骨密度との間で特別な関係はないので、当該歯根40については評価対象から外してもよい。ただし

、当該歯根40の成分は殆ど不変であるので、これを評価対象に入れるか否かは骨密度の評価結果には特に影響しない。よって、この第1実施形態では、歯根40の下側半分についても評価対象に入れてある。

[0024] ここで、改めて評価対象について厳密に説明すると、当該評価対象とされる上述の点線38で囲まれた矩形領域の上側端縁は、第1小臼歯28の歯頸部から歯根尖までの距離Dの半分の位置に設定される。そして、当該矩形領域38の下側端縁は、第1小臼歯28の歯根尖の位置に設定される。さらに、矩形領域38の右側端縁は、各歯28〜32の歯頸部を結ぶ直線44上における第1小臼歯28と犬歯30との中間点の位置に合わせられる。これと同様に、左側端縁は、当該直線44上における第1小臼歯28と第2小臼歯との中間点の位置に合わせられる。

[0025] また、上述のリファレンスバー36は、図3に示すような標本体としてのアルミニウム製ブロック(以下、このアルミニウム製ブロックについても同じ符号36を付して説明する。)の撮影画像である。即ち、アルミニウム製ブロック36は、その長手方向において厚さ寸法が段階的に変化する階段状のものであり、当該階段の段差 ΔT および間隔(階段の踏板に相当する部分の長さ)Pのそれぞれは、一定とされている。また、段数は、7段〜9段程度とされている。さらに、最上段の上面には、後述するX線46(図5参照)を遮断するべく、アルミニウム箔48が貼着されている。なお、このアルミニウム製ブロック36の長さ寸法Lは、20[mm]程度であり、幅寸法Wは、10[mm]程度である。また、最下段部分での厚さ寸法(底面50から最下段の上面までの高さ寸法)Taは、1[mm]前後であり、最上段部分での厚さ寸法(底面50から最上段の上面までの高さ寸法)Tbは、例えば6[mm]〜8[mm]程度である。

[0026] このアルミニウム製ブロック36は、撮影前に、図4に示すように縦長長方形のレントゲンフィルム26の撮影面(露光面)52上に貼着される。具体的には、アルミニウム製ブロック36は、その長手方向をレントゲンフィルム26の上端縁に沿う方向に延伸させ、かつ底面50をレントゲンフィルム26の撮影面52に対向させた状態で、当該撮影面52の上端寄りの部分に貼着される。そして、かかるアルミニウム製ブロック36が貼着されたレントゲンフィルム26は、撮影時において、図5に示すように、上端縁(アルミニウム製ブロック38が設けられている側の端縁)を図示しない患者の上顎側(図5の紙

面の表面側)に向け、かつ撮影面52を外方に向けた状態で、撮影対象である各歯28ー32および歯槽骨34の内側に設置される。このとき、レントゲンフィルム26は、図示しないフィルムホルダによって支持される。そして、このレントゲンフィルム26の撮影面52に向けて、測定対象(各歯28ー32および歯槽骨34)の外側に設置されたレントゲン撮影装置(X線照射器)54から、X線46が照射される。これによって、上述した図2の如く、各歯28ー32の撮影画像と、歯槽骨34の撮影画像と、アルミニウム製ブロック36の撮影画像(リファレンスバー36)とが、1枚のレントゲンフィルム26に並んで写し出される。

[0027] なお、アルミニウム製ブロック36は上述の如く階段状の形状をしているので、その撮影画像であるリファレンスバー36は、長手方向において、当該アルミニウム製ブロック36の厚さ寸法(高さ寸法)に応じた濃淡度を示す。即ち、厚みの小さいところほど、X線に対する透過率が高いので、暗く(黒っぽく)示され、厚みの大きいところほど、X線に対する透過率が低いので、明るく(白っぽく)示される。そして、アルミニウム箔48が貼着されたところは、X線を殆ど通さないで、最も明るく(例えば真っ白に)示される。

[0028] さて、今、上述の如く同一患者についてそれぞれ異なる日に撮影された複数(ここでは4枚以上)の画像データが、既にPC12内のハードディスクに記録されているとする。この状態で、上述した骨密度評価プログラムが起動されると、PC12のディスプレイ24には、図6に示すようなメイン画面100が表示される。

[0029] 即ち、このメイン画面100の一番上には、横長のタイトルバー102が表示される。このタイトルバー102内には、例えば患者のカルテの番号を表す横書きの文字列104が左詰で表示される。そして、タイトルバー102の下方に、当該タイトルバー102と同様の横長のメニューバー106が表示される。このメニューバー106内には、メイン画面100において操作可能なメニューの内容を表す複数の文字列108, 108, …が、横一列に表示される。さらに、メニューバー106の下方には、ツールバー110が表示され、このツールバー110内には、上述のメニューを図案化した複数のツールボタン112, 112, …が、横一列に表示される。そして、ツールバー110の下方に、矩形のフレーム領域114が表示される。

- [0030] このフレーム領域114の上側には、概ね正方形の4つのピクチャボックス116, 116, …が横一列に表示される。そして、これらピクチャボックス116, 116, …の下方には、“画像1”, “画像2”, “画像3”および“画像4”という当該各ピクチャボックス116, 116, …に表示される画像の見出しを表す4つの文字列118, 118, …が、この順番で左から表示される。さらに、それぞれの文字列118の下方には、後述するサブ画面(ダイアログボックス)200における補正後の輝度 $Yo'[i, j]$ の平均値 Mo' および偏差 Do' を表す2つの文字列120および122が、上下2段で表示される。
- [0031] また、各ピクチャボックス116, 116, …の並びのさらに右横方には、当該各ピクチャボックス116, 116, …のいずれを有効とするのかを選択するための4つのラジオボタン124, 124, …が、縦一列に表示される。そして、それぞれのラジオボタン124の右横方には、当該ラジオボタン124に対応する“画像A”(Aは1〜4のいずれかの数値)を示す文字列126が表示されている。さらに、ラジオボタン124, 124, …の並びの上方には、当該ラジオボタン124, 124, …の機能を表す“画像選択”という文字列128が表示される。一方、ラジオボタン124, 124, …の並びの下方には、後述する基準平均値 SMb および基準偏差 SDb を表す2つの文字列130および132が、上下2段で表示される。
- [0032] そして、フレーム領域114の下部には、ヒストグラム表示エリア134が表示される。このヒストグラム表示エリア134については後で詳しく説明するが、当該ヒストグラム表示エリア134の横軸には、一定の間隔で垂直の目盛線136, 136, …が記されている。そして、それぞれの目盛線136の下方に、当該目盛線136の指示値を表す文字列138が表示されている。
- [0033] この図6に示すメイン画面100において、上述したマウス22の操作によって“画像1”に対応するラジオボタン124がON(クリック)される、つまり当該“画像1”に対応するピクチャボックス116が有効化されとする。そして、この状態で、マウス22の操作によってハードディスクから任意の画像データが読み込まれるとする。すると、図7に示すように、“画像1”のピクチャボックス116内に、当該画像データに従うレントゲン撮影画像140が表示される。なお、このレントゲン撮影画像140は、グレースケールで表示される。また、元の画像データがカラーデータの場合には、当該画像データはハ

ードディスクからの読み込み時にグレースケールデータに変換される。この画像データを読み込むためのコマンドは、メニューバー106内の“ファイル”メニューに格納されている。

- [0034] これと同様の要領で、他の“画像2”、“画像3”および“画像4”についても、それぞれに対応するラジオボタン124がONされた状態でハードディスクから画像データが読み込まれると、図8に示すように、読み込まれた画像データに従うレントゲン撮影画像140がそれぞれに対応するピクチャボックス116内に表示される。なお、これらのピクチャボックス116, 116, …に表示されるレントゲン撮影画像140, 140, …は、同一患者のものであり、“画像1”、“画像2”、“画像3”および“画像4”の順番で撮影日が古い(“画像1”の撮影日が一番古い)ものとする。
- [0035] このようにして各ピクチャボックス116, 116, …内にレントゲン撮影画像140, 140, …が表示された後、“画像1”に対応するラジオボタン124がONされ、この状態で、当該“画像1”のレントゲン撮影画像140について評価対象とする領域を選択する旨の操作がマウス22によって成されると、ディスプレイ24に、図9に示すようなサブ画面200が表示される。なお、この領域選択を命令するためのコマンドは、メニューバー106内にある“編集”メニューに格納されている。
- [0036] 図9において、サブ画面200の一番上には、横長のタイトルバー202が表示される。このタイトルバー202には、例えばカルテの番号と、現在有効化されている“画像A”(ここでは“画像1”)という情報と、を表す横書きの文字列204が、左詰で表示される。そして、タイトルバー202の下方に、矩形のフレーム領域206が表示される。
- [0037] このフレーム領域206の左上部分には、後述する基準平均値SMbおよび基準偏差SDbを表す2つの文字列208および210が、上下2段で表示される。そして、これらの文字列208および210の並びの下方には、概ね正方形の領域選択エリア212が表示される。この領域選択エリア212には、現在有効化されている“画像A”のレントゲン撮影画像140を拡大した拡大画像214が表示される。さらに、この領域選択エリア212の右横方には、当該領域選択エリア212内に表示されている拡大画像214を回転させるためのスライダ216が表示される。例えば、マウス22によってこのスライダ216が上方側へスライドされると、拡大画像214は反時計回りに回転する。これとは

反対に、スライダ216が下方側へスライドされると、拡大画像214は時計回りに回転する。このスライダ216による拡大画像214の回転角度は、当該スライダ216の上方に表示された文字列218によって表される。

[0038] 一方、フレーム領域206の右上部分には、横長のリファレンスバー表示エリア220が表示される。そして、このリファレンスバー表示エリア220の下方の左寄りの部分には、概ね正方形の評価対象表示エリア222が表示される。これらのエリア220および222については、後で詳しく説明する。

[0039] さらに、評価対象表示エリア222の右横方には、後述する平均値Mbおよび偏差Dbを表す2つの文字列224および226が、上下2段で表示される。そして、これらの文字列224および226の並びの上方には、当該各文字列224および226の見出しを表す“リファレンスバー”という文字列228が表示される。そしてさらに、文字列224および226の並びの下方には、後述する補正後平均値Mo'および補正後偏差Do'を表す2つの文字列230および232が、上下2段で表示される。そして、これらの文字列230および232の並びと上述の文字列224および226の並びとの間には、文字列230および232の見出しを表す“評価対象(補正值)”という文字列234が表示される。

[0040] また、評価対象表示エリア222の下方には、2つのラジオボタン236および236が、横一列に表示される。そして、それぞれのラジオボタン236の右横方には、当該ラジオボタン236の見出しを表す文字列238が表示される。さらに、ラジオボタン236および236の並びの上方には、当該ラジオボタン236および236の機能を表す“選択範囲”という文字列240が表示される。

[0041] そして、フレーム領域206の下部には、ヒストグラム表示エリア242が表示される。このヒストグラム表示エリア242については後で詳しく説明するが、当該ヒストグラム表示エリア242の横軸には、一定の間隔で垂直の目盛線244. 244. …が記されている。そして、それぞれの目盛線244の下方には、当該目盛線244の指示値を表す文字列246が表示される。

[0042] この図9において、マウス22の操作によって“リファレンスバー”と記されたラジオボタン236がONされたとする。そして、領域選択エリア212に表示されたレントゲン撮

影画像214上において、図10に点線248で示すように、マウス22の操作によって上述したリファレンスバー36に対応する部分250が選択されたとする。具体的には、当該点線248で示される領域選択用の矩形の描画開始点Sがマウス22のクリック操作によって指定された後、当該矩形248の描画終了点Eがマウス22のドラッグ・アンド・ドロップ操作によって指定されたとする。なお、このとき、リファレンスバー250(36)の長手方向(図10の左右方向)において、矩形248の一边が当該リファレンスバー250の一端縁と一致し、かつ当該一边と対向する矩形248の他辺がリファレンスバー250の他端縁と一致するようにするのが、肝要である。一方、リファレンスバー250の幅方向(図10の上下方向)においては、矩形248の各辺(上辺および下辺)が当該リファレンスバー250の周縁よりも内側にあればよい。

[0043] このようにしてマウス22の操作によってリファレンスバー250としての領域248が選択されると、図11に示すように、当該リファレンスバー領域248の拡大画像252が、リファレンスバー表示エリア220に表示される。そして、このリファレンスバー領域248を構成する各画素の輝度 $Yb[i, j]$ ($[i, j]$:各画素の座標)が256階調に振り分けられる(変換される)と共に、次の数1に基づいて、それぞれの階調 x ($x=0-255$)毎の度数 $Hb[x]$ が求められる。

[0044] [数1]

$$Hb[x] = \frac{nb[x]}{Nb}$$

[0045] この数1において、 $nb[x]$ は、階調 x に振り分けられた画素数であり、 Nb は、リファレンスバー領域248を構成する全ての画素数である。このように階調 x 毎の画素数 $nb[x]$ を全画素数 Nb で除することによって、いわゆる正規化された度数 $Hb[x]$ が求められる。

[0046] この数1の演算結果 Hb は、図12に示すテーブル300に記録される。このテーブル300は、骨密度評価プログラムが起動されたときに、ハードディスク内に形成される。

[0047] そして、この度数 $Hb[x]$ を用いて、リファレンスバー領域248における輝度 $Yb[i, j]$ の平均値 Mb および偏差 Db が求められる。具体的には、平均値 Mb は、数2によって求められ、偏差 Db は、数3によって求められる。

[0048] [数2]

$$Mb = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Hb[x]\}$$

[0049] [数3]

$$Db = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{(x - Mb)^2 \cdot Hb[x]\}}$$

[0050] これら数2および数3によって求められた平均値Mbおよび偏差Dbもまた、上述のテーブル300に記録される。そして、これら平均値Mbおよび偏差Dbは、図11に示すように、文字列224および226によって表示される。

[0051] さらに、現在有効化されている画像が“画像1”である場合には、平均値Mbおよび偏差Dbは、それぞれ上述した基準平均値SMbおよび基準偏差SDbとして設定される。換言すれば、図12のテーブル300において、“画像1”の欄に記録された平均値Mbおよび偏差Dbは、それぞれ基準平均値SMbおよび基準偏差Dbとして取り扱われる。そして、これらの基準平均値SMbおよび基準偏差Dbは、図11に示すように、文字列208および210によって表示される。

[0052] このようにしてリファレンスバー領域248の選択が行われた後、次に、“評価対象”と記されたラジオボタン236がONされたとする。そして、領域選択エリア212に表示されたレントゲン撮影画像214上において、図13に点線254で示すように、上述した図2における矩形領域38に対応する部分が選択されたとする。即ち、第1小臼歯28に対応する画像256のうち歯根40の下側半分に対応する部分258と、その周囲の歯槽骨34に対応する部分260とが、領域選択用の矩形254で囲まれたとする。

[0053] すると、図14に示すように、矩形254で囲まれた評価対象としての領域の拡大画像262が、評価対象表示エリア222に表示される。そして、当該評価対象領域254を構成する各画素の輝度 $Yo[i, j]$ が256階調に振り分けられると共に、次の数4に基づいて、それぞれの階調 x 毎の度数 $Ho[x]$ が求められる。

[0054] [数4]

$$Ho[x] = \frac{no[x]}{No}$$

[0055] この数4において、 $no[x]$ は、階調 x に振り分けられた画素数であり、 No は、評価対象領域254を構成する全ての画素数である。この数4の演算結果 Ho は、上述した図12のテーブル300に記録される。

[0056] そして、この数4の演算結果 $Ho[x]$ を用いて、評価対象領域254における輝度 $Yo[i, j]$ の平均値 Mo および偏差 Do が求められる。具体的には、平均値 Mo は、数5によって求められ、偏差 Do は、数6によって求められる。

[0057] [数5]

$$Mo = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Ho[x]\}$$

[0058] [数6]

$$Do = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{(x - Mo)^2 \cdot Ho[x]\}}$$

[0059] これら数5および数6によって求められた平均値 Mo および偏差 Do もまた、上述のテーブル300に記録される。

[0060] さらに、上述した基準平均値 SMb および基準偏差 SDb と、数2および数3によって求められた平均値 Mb および偏差 Db とに基づいて、評価対象領域254の画像の輝度 $Yo[i, j]$ が補正される。具体的には、次の数7によって補正後輝度 $Yo'[i, j]$ が求められる。

[0061] [数7]

$$Yo'[i, j] = \frac{SDb}{Db} \cdot (Yo[i, j] - Mb) + SMb$$

[0062] そして、上述した数4～数6と同様の要領で、当該補正後輝度 $Yo'[i, j]$ に基づく階調毎度数 $Ho'[x]$ 、平均値 Mo' および偏差 Do' が求められる。これら補正後の階調毎度数 $Ho'[x]$ 、平均値 Mo' および偏差 Do' もまた、上述のテーブル300に記録される。なお、有効化されている“画像A”が“画像1”である場合は、補正後輝度 $Yo'[i, j]$ は補正前の輝度 $Yo[i, j]$ と等価になる。従って、補正後の階調毎度数 $Ho'[x]$ 、平均値 Mo' および偏差 Do' もまた、補正前の階調毎度数 $Ho[x]$ 、平均値 Mo および偏差 Do と等価になる。そして、補正後の平均値 Mo' および偏差 Do' は、図14に示

すように、文字列230および232によって表される。

[0063] さらに、ヒストグラム表示エリア242には、上述の階調毎度数 $H_o[x]$ および補正後の階調毎度数 $H_o'[x]$ のそれぞれに従う2つのヒストグラムが表示される。即ち、横軸に階調 x を表し、縦軸に当該階調 x 毎の度数 $H_o[x]$ または $H_o'[x]$ を表した2本の曲線264および266が表示される。これらの曲線264および266は、互いに異なる色で表示され、例えば曲線264は青色で表示され、曲線266は赤色で表示される。なお、有効化されている“画像A”が“画像1”の場合には、各曲線264および266は互いに重複して表示され、例えば曲線264の上に曲線266が重ねて表示される。従って、この場合、外観上は1本の曲線266のみが表示されているように見える。また、上述した目盛線224, 224, …およびこれらの指示値を表す文字列246, 246, …は、64階調毎に表示されている。

[0064] このように図14に示すようなサブ画像200が表示された後、タイトルバー202の右端にある“×”印のボタン(いわゆる閉じるボタン)268がクリックされると、ディスプレイ24の表示は、図15に示すようなメイン画面100に戻る。

[0065] 即ち、補正後の平均値 M_o' および偏差 D_o' が、“画像1”のピクチャボックス116の下方の文字列120および122によって表される。そして、上述した基準平均値 S_{Mb} および基準偏差 S_{Db} が、メイン画面100の右端部分に表示された文字列130および132によって表される。さらに、ヒストグラム表示エリア134には、横軸に階調 x を表し、縦軸に当該階調 x 毎の補正後の度数 $H_o'[x]$ を表したヒストグラム、つまり図14における曲線266と同様の曲線142が表示される。なお、このヒストグラム表示エリア134においても、目盛線136, 136, …およびこれらの目盛値を表す文字列138, 138, …は、64階調毎に表示される。

[0066] これと同じ要領で、“画像2”についてもサブ画像200が表示され、当該サブ画像200上でリファレンスバー領域248と評価対象領域254とが選択されると、当該サブ画像200は図16に示すようになる。

[0067] 即ち、サブ画面200の右端部分に表示された文字列224および226によって、リファレンスバー領域248の輝度 $Y_b[i, j]$ の平均値 M_b および偏差 D_b が表される。換言すれば、上述した数2および数3の演算結果 M_b および D_b が表示される。そして、文

字列230および232によって、評価対象領域254の補正後の輝度 $Y_o'[i, j]$ の平均値 Mo' および偏差 Do' が表示される。つまり、数5および数6の算出結果 Mo' および Do' が表示される。さらに、ヒストグラム表示エリア242に、補正前の階調毎度数 $H_o[x]$ および補正後の階調毎度数 $H_o'[x]$ のそれぞれに従う2つの曲線264および266が、互いに異なる色で表示される(図16においてはこの色の違いを線種の違いで表現している)。

[0068] なお、ここで言う補正、つまり上述の数7に基づく補正とは、次のような意味を持つ。即ち、数7に基づいて補正されるということは、“画像A”と“画像1”との間で互いのリファレンスバー領域248(図10参照)の輝度 $Y_b[i, j]$ が等価となるように、当該“画像A”の評価対象領域254の輝度 $Y_o[i, j]$ が補正される、ということである。換言すれば、“画像A”の輝度 $Y_o[i, j]$ の基準が、“画像1”の輝度 $Y_o[i, j]$ の基準に合わせられる、ということである。

[0069] また、図16に示すように、領域選択エリア212内に表示されているレントゲン撮影画像214が傾いている場合は、スライダ216によって当該レントゲン撮影画像214の傾きを矯正する。具体的には、例えばレントゲン撮影画像214上のリファレンスバー250が水平方向に沿って延伸していないときは、当該リファレンスバー250が水平方向に沿って延伸するように当該レントゲン撮影画像214の傾きを矯正する。そして、この矯正後、リファレンスバー領域248を選択する。一方、各歯28〜32に対応する画像256, 270および272の並びが水平方向に沿っていない場合には、この並びが水平方向に沿うようにレントゲン撮影画像214の傾きを矯正する。そして、この矯正後、評価対象領域254を選択する。

[0070] このようにして“画像2”についてリファレンスバー領域248と評価対象領域256とが選択された後、これと同様の要領で、“画像3”および“画像4”のそれぞれについて当該各領域248および256が選択され、ディスプレイ24の表示がメイン画面100に戻されると、当該メイン画面100は図17に示すようになる。

[0071] 即ち、各“画像A”の補正後の平均値 Mo' および偏差 Do' が、それぞれに対応するピクチャボックス116, 116, …の下方の文字列120および122によって表示される。そして、上述したように、メイン画面100の右端部分に表示された文字列130および1

32によって、基準平均値SMbおよび基準偏差SDbが表される。さらに、ヒストグラム表示エリア134に、各“画像A”の補正後の階調毎度数 $Ho'[x]$ に従う4つのヒストグラム(曲線142, 142, ...)が、互いに異なる色で表示される。

- [0072] このように、第1実施形態によれば、評価対象領域254の位置が一様に規定されると共に、一定の基準の下で評価対象領域254の輝度 $Yo[i, j]$ が補正される。そして、この補正後輝度 $Yo'[i, j]$ に基づいて、それぞれ撮影日の異なる各“画像A”間で濃淡度が比較される。従って、この比較結果から時間の経過に伴う骨密度の変化を容易に把握することができる。即ち、骨密度を感覚的にしか評価できなかった従来技術とは異なり、当該骨密度を定量的に、つまり正確に評価することができる。
- [0073] なお、図17に示すメイン画面100の内容、言わば骨密度の評価結果は、上述したようにハードディスクに記録(保存)することができる。また、当該評価結果は、レーザプリンタ16によってカルテ42に印刷することもできる。このように評価結果を記録したり印刷したりするためのコマンドは、メイン画面100のメニューバー106内にある“ファイル”メニューに格納されている。そして、メイン画面100のタイトルバー102の右端にある“×”印のボタン144がクリックされると、骨密度評価プログラムが終了される。
- [0074] このように骨密度評価プログラムが起動されているとき、PC12(厳密にはPC12内のCPU)は、図18ー図21のフローチャートに示される各処理を実行する。
- [0075] 即ち、図18に示すように、骨密度評価プログラムが起動されると、PC12は、ステップS1に進み、上述した図12のテーブル300の内容を参照する。そして、ステップS3に進み、当該ステップS1における参照結果に基づいて、ディスプレイ24にメイン画面100を表示する。
- [0076] メイン画面100の表示後、PC12は、ステップS5に進み何らかの操作が成されるのを待つ。つまり、コマンド待ち状態となる。そして、何らかの操作が成されると、PC12は、ステップS7に進み、その操作内容を判定する。
- [0077] ここで、骨密度評価プログラムを終了する旨の操作が成される、つまり上述の“×”印のボタン144がマウス22によってクリックされると、PC12は、当該骨密度評価プログラムを終了する。
- [0078] 一方、いずれかのラジオボタン124がクリック(ON)されると、PC12は、ステップS9

に進み、クリックされたラジオボタン124のみにチェックマーク(黒丸)が表示されるように、各ラジオボタン124, 124, …の表示を制御する。そして、ステップS11に進み、当該クリックされたラジオボタン124に対応する“画像A(Aは1〜4のいずれかの数字)”を有効化した後、ステップS5に戻る。

[0079] また、ステップS7においてハードディスクから任意の画像を読み込む旨の操作が成されたと判定すると、PC12は、ステップS13に進む。そして、このステップS13において画像を読み出した後、ステップS15において当該読み出した画像を“画像A”に対応するピクチャボックス116に表示する。さらに、ステップS17において、“画像A”の補正後の平均値Mo'および偏差Do'を表示するための文字列120および122をクリアする(ゼロにする)。そして、ステップS5に戻る。

[0080] さらに、ステップS7において領域選択の旨の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS19に進み、“画像A”が既に読み込まれているか否かを判断する。ここで、“画像A”が未だ読み込まれていない場合は、ステップS21に進み、図には示さないが、“画像A”が未だ読み込まれていないことを表すメッセージをディスプレイ24に表示する。そして、このメッセージを一定時間表示した後、ステップS105に戻る。

[0081] 一方、“画像A”が読み込まれている場合には、ステップS19からステップS23に進み、領域選択処理を行う。即ち、上述したサブ画面200の機能を実現するための処理を実行する。この領域選択処理の詳細については、後で説明する。そして、このステップS23の領域選択処理を終えると、PC12は、ステップS1に戻る。

[0082] そして、ステップS7において評価結果を保存する旨の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS25に進む。そして、このステップS25において評価結果、つまりメイン画面100の内容をハードディスクに記録した後、ステップS105に戻る。

[0083] また、ステップS7において評価結果を印刷する旨の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS27に進み、当該評価結果をレーザプリンタ16に印刷させる。そして、印刷終了後、ステップS5に戻る。

[0084] さらに、ステップS7において上述以外の操作が成されたと判断すると、PC12は、ステップS29に進み、その操作に応じた処理を実行した後、ステップS5に戻る。

[0085] さて、上述のステップS23の領域選択処理において、PC12は、具体的に次のよう

な処理を実行する。即ち、図19に示すように、領域選択処理に入ると、PC12は、まず、ステップS101においてディスプレイ24にサブ画面200を表示する。そして、ステップS103において何らかの操作が成されるのを待ち、何らかの操作が成されると、ステップS105に進んで当該操作の内容を判定する。

[0086] ここで、サブ画面200の表示を終了する旨の操作が成されると、つまり“×”印のボタン268がクリックされると、PC12は、ステップS107に進み、当該サブ画面200の表示を終了する。そして、改めてメイン画面100を表示するべく、図18のステップS1に戻る。

[0087] 一方、ステップS105においてスライダ216が操作されたと判断すると、PC12は、ステップS109に進む。そして、このステップS109において、マウス22の操作に応じてサブ画面200上のスライダ216の表示状態を制御し、さらにステップS111において当該スライダ216の位置に応じて文字列218(レントゲン撮影画像214の回転角度)の表示を制御する。そしてさらに、ステップS113において、レントゲン撮影画像214の傾きを制御した後、ステップS115に進み、マウス22による操作が継続されているか否かを判断する。ここで、操作が継続されている場合は、ステップS109に戻り、継続されていない場合には、ステップS103に戻る。

[0088] そして、ステップS105においていずれかのラジオボタン236がクリックされたと判断すると、PC12は、ステップS117に進み、クリックされたラジオボタン236にのみチェックマークが表示されるように、各ラジオボタン236および236の表示を制御する。そして、ステップS119において、当該クリックされたラジオボタン236に対応する領域がリファレンスバー領域248および評価対象領域254のいずれであるのかを認識した後、ステップS103に戻る。

[0089] さらに、ステップS105において上述のリファレンスバー36に対応する領域248が選択された、つまり“リファレンスバー”と記されたラジオボタン236がONされている状態で領域選択エリア212内のレントゲン撮影画像214上においてマウス22の操作が成されたと判断すると、PC12は、図20のステップS121に進む。そして、このステップS121において、マウス22の操作に応じてリファレンスバー領域248を設定した後、ステップS123に進み、当該リファレンスバー領域248の画像をリファレンスバー表示

エリア220に拡大表示する。

- [0090] そして、PC12は、ステップS125において、リファレンスバー領域248の画像の輝度 $Yb[i, j]$ を取得する。このとき、当該輝度 $Yb[i, j]$ を256階調に振り分ける。そして、ステップS127において、上述した数1に基づいて階調毎度数 $Hb[x]$ を演算し、ステップS129において、当該演算結果 $Hb[x]$ を上述した図12のテーブル300に記録する。
- [0091] さらに、PC12は、ステップS131において、上述の数2に基づいて平均値 Mb を求めると共に、数3に基づいて偏差 Db を求め、ステップS133において、これらの演算結果 Mb および Db をテーブル300に記録する。そして、ステップS135において、これら平均値 Mb および偏差 Db を文字列224およびお226で表した後、ステップS137において、現在有効化されているのは“画像1”であるか否かを判断する。
- [0092] ここで、“画像1”が有効化されていると判断すると、PC12は、ステップS139に進み、上述の平均値 Mb および偏差 Db を、それぞれ基準平均値 SMb および基準偏差 D_b として、文字列208および210によって表示する。そして、この表示後、図19のステップS103に戻る。一方、現在有効化されているのが“画像1”ではない場合は、ステップS139をスキップして、直接ステップS103に戻る。
- [0093] また、図19のステップS105において評価対象領域254が選択された、つまり“評価対象”と記されたラジオボタン236がONされている状態で領域選択エリア212内のレントゲン撮影画像214上においてマウス22の操作が成されたと判断すると、PC12は、図21のステップS141に進む。そして、このステップS141において、マウス22の操作に応じて評価対象領域254を設定した後、ステップS143に進み、当該評価対象領域254内の画像を評価対象表示エリア222に拡大表示する。
- [0094] そして、ステップS145において、評価対象領域254内の画像の輝度 $Yo[i, j]$ を取得する。このとき、当該輝度 $Yo[i, j]$ を256階調に振り分ける。そして、ステップS147において、上述した数4に基づいて階調毎度数 $Ho[x]$ を演算し、ステップS149において、当該演算結果 $Ho[x]$ を図12のテーブル300に記録する。さらに、PC12は、ステップS151において、階調毎度数 $Ho[x]$ に従うヒストグラム、つまり曲線264を、ヒストグラム表示エリア242に表示する。

- [0095] このステップS151の実行後、PC12は、ステップS153に進む。そして、このステップS153において、上述した数5に基づいて平均値 M_o を求めると共に、数6に基づいて偏差 D_o を求め、ステップS155において、これらの演算結果 M_o および D_o をテーブル300に記録する。そして、ステップS157において、基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b が設定されているか否かを判断する。
- [0096] ここで、基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b が設定されていない場合、PC12は、図19のステップS103に戻る。一方、基準平均値 SM_b および基準偏差 SD_b が設定されている場合は、ステップS159に進み、上述した数7に基づいて、補正後輝度 Y_o' [i, j]を求める。このときも、当該補正後輝度 Y_o' [i, j]を256階調に振り分ける。
- [0097] そして、ステップS161に進み、補正後輝度 Y_o' [i, j]に基づく階調毎度数 Ho' [x]を求めた後、ステップS163において当該演算結果 Ho' [x]を上述のテーブル300に記録する。そして、ステップS165において、補正後の階調毎度数 Ho' [x]に従うヒストグラム、つまり曲線266を、ヒストグラム表示エリア242に表示する。
- [0098] さらに、PC12は、ステップS167において、補正後の階調毎度数 Ho' [x]に基づいて平均値 Mo' を求めると共に、これら補正後の階調毎度数 Ho' [x]および平均値 Mo' に基づいて偏差 Do' を求める。そして、ステップS169において、これらの演算結果 Mo' および Do' をテーブル300に記録する。さらに、ステップS171において、これら補正後の平均値 Mo' および偏差 Do' を文字列230および232によって表示した後、図19のステップS103に戻る。
- [0099] 以上のように、第1実施形態の骨密度評価システム10は、図1に示すような比較的に簡単かつ安価な構成であるので、開業医のような比較的に小規模な医療施設においても容易に導入することができる。しかも、上述した従来技術とは異なり、定量的に骨密度を評価できるので、歯科治療過程において前置的なスクリーニング（骨粗鬆症であるか否かの判断）が可能となる。このことは、後々の治療計画を立てるのに極めて有用であり、例えば下顎骨の強健さが要求されるインプラント治療の事前検査に特に貢献する。
- [0100] なお、この第1実施形態においては、PC12に骨密度評価プログラムを実行させることで当該PC12を骨密度評価装置として機能させるようにしたが、これに限らない。

例えば、この第1実施形態と同様の機能を有する専用の骨密度評価装置を構成してもよい。

- [0101] また、画像入力手段として、フィルムスキャナ14を用いたが、これに限らない。例えばCCD(Charge Coupled Device)カメラ等の撮影手段を用いてもよいし、レントゲン撮影時に直接画像を取り込むいわゆるデジタルカセットを用いてもよい。そして、印刷手段としてのレーザプリンタ16に代えて、インクジェットプリンタやドットインパクトプリンタ等の他の印刷方式を採用するプリンタを用いてもよい。また、磁気カードなどの記録媒体に、評価結果を記録してもよい。さらに、PC12に入力される画像や当該PC12から出力される結果を、インターネット等の通信手段によって遠隔地との間で送受信できるようにしてもよい。
- [0102] そして、標本体として階段状のアルミニウム製ブロック36を用いたが、これに限らない。例えば、厚みが一定のアルミニウム製ブロックを用いてもよいし、アルミニウム以外の材料で構成されたブロックを用いてもよい。また、アルミニウム製ブロック36に代えて、骨密度が既値である擬似骨を用いてもよい。かかる擬似骨を用いれば、当該擬似骨の画像の濃淡度を基に、下顎骨の骨密度を推測することができ、ひいては身体全体の骨密度を推測することができる。
- [0103] また、上述したメイン画面100において4つのレントゲン撮影画像140, 140, …を同時に表示すると共に、これら4つのレントゲン撮影画像140, 140, …に係る評価結果(補正後平均値 Mo' , 補正後偏差 Do' およびヒストグラム(曲線142, 142, …))を同時に表示するようにしたが、これに限らない。即ち、4以外の数のレントゲン撮影画像140およびその評価結果を表示するようにしてもよい。
- [0104] そして、上述した数7に基づいて評価対象領域254の輝度 $Yo[i, j]$ を補正したが、当該数7以外の演算式(アルゴリズム)に基づいて補正を行ってもよい。
- [0105] さらに、評価対象領域254の形状は矩形に限らない。例えば、歯根40(図2参照)に対応する部分258を当該評価対象領域254から排除してもよい。また、当該評価対象領域254の形状を任意に設定できるようにしてもよい。このようにすれば、患者毎に微妙に異なる下顎骨の形状(第1小臼歯28と、これと隣り合う犬歯30および第2小臼歯32との並び)の違いに、柔軟かつ的確に対応することができる。

- [0106] また、評価対象領域254は、この第1実施形態で説明した部分(第1小臼歯28の歯根40の下側半分とその周囲の歯槽骨34との部分)以外の部分としてもよい。ただし、この場合も、各“画像A”間で当該評価対象領域254を統一させなければならないことは、言うまでもない。
- [0107] 次に、この発明の第2実施形態について、図22～図40を参照して説明する。
- [0108] 上述したように、評価対象領域254(図13参照)の輝度 $Y_o[i, j]$ は、骨密度に相関する。即ち、補正後の輝度 $Y_o'[i, j]$ の平均値 Mo' が大きいほど、骨密度は高く、当該平均値 Mo' が小さいほど、骨密度は低い。このたび、50歳～69歳(平均年齢約60歳)の計35人の人間(サンプル)について、実際に、公知のDXA(Dual energy X-ray Absorptiometry)法による骨密度測定を実施すると共に、その測定値(BMD(Bone Mineral Density)値)と当該補正後平均値 Mo' とを比較してみた。併せて、T値(20歳～44歳までのBMD値の平均値を100としたときの実際のBMD値の比率)についても、補正後平均値 Mo' と比較してみた。その結果を、図22に示す。
- [0109] この図22に示すように、補正後平均値 Mo' は、BMD値が大きいほど大きく、BMD値が小さいほど小さい、という傾向にある。その証拠に、BMD値と補正後平均値 Mo' との間の相関係数は“0.6439”であり、つまり、これら両者間に正の相関がある、と言える。一方、T値との関係についても同様である。即ち、T値と補正後平均値 Mo' との間の相関係数は“0.6481”であり、これら両者間にも正の相関がある。このことから、上述の如く補正後平均値 Mo' が骨密度に相関することは、明らかである。
- [0110] ところで、一般(国際的)には、骨密度はT値に基づいて評価されることが多い。具体的には、T値が70%以下の場合は、骨粗鬆症であると診断される。そして、T値が71%～80の場合は、骨減少症であると診断される。さらに、T値が81%以上の場合には、正常であると診断され、特に当該T値が100%以上の場合には、極めて正常(安心)であると診断される。ここで、これらのT値の区分毎に、図22における補正後平均値 Mo' の平均を求めると、図23に示すようになる。そして、この図23の関係をグラフで表すと、図24のようになる。
- [0111] これら図23および図24においても、当然に、補正後平均値 Mo' はT値と相関し、

ひいては骨密度と相関する。換言すれば、補正後平均値 Mo' に基づいて骨密度の程度(高低)を判定することができる、と推測される。例えば、補正後平均値 Mo' の平均値が71.41%以下である場合は、骨粗鬆症である、厳密には骨粗鬆症の疑いがある、と判定することができる。そして、補正後平均値 Mo' の平均値が84.89%以下である場合には、骨減少症である、厳密には骨減少症の疑いがある、と判定することができる。そして、これ以外の場合は、骨密度が正常である、と判定することができる。

- [0112] そこで、この第2実施形態では、補正後平均値 Mo' に基づいて骨密度の程度を判定する機能を、上述した骨密度評価プログラムに組み込む。また、上述した第1実施形態においては、“画像1”の輝度 $Y[i, j]$ が言わば不変とされたが、この第2実施形態においては、当該“画像1”の輝度 $Y[i, j]$ を或る一定の基準に基づいて補正する。これ以外については、第1実施形態と同様であるので、当該第1実施形態と同様の部分についての詳細な説明は省略する。
- [0113] 即ち、この第2実施形態における骨密度評価プログラムが起動されると、PC12のディスプレイ24には、図25に示すようなメイン画面400が表示される。
- [0114] このメイン画面400は、上述した第1実施形態におけるメイン画面100(図6等参照)に対し、エディットボックス402および404と、文字列406, 408および410, 410, …とを付加したものである。このうち、エディットボックス402および404は、フレーム領域114の右側略中央に表示され、詳しくは基準偏差 SDb を表す文字列132の下方に上下2段で表示される。そして、これらのエディットボックス402および404の左横方に、“要注意”および“注意”という当該各エディットボックス402および404の見出しを表す2つの文字列406および408が表示される。なお、各エディットボックス402および404の一方、例えば“要注意”という見出し(文字列)406が付されたエディットボックス402には、上述の如く補正後平均値 Mo' の平均値に基づいて骨粗鬆症であるか否かを判定する際の基準となる値、例えば71.41%の近似値である“70”という値が、デフォルト値として入力される。そして、“注意”という見出し408が付されたエディットボックス404には、当該補正後平均値 Mo' の平均値に基づいて骨減少症であるか否かを判定する際の基準となる値、例えば84.89%の近似値である“85”という値

が、デフォルト値として入力される。

- [0115] そして、それぞれのピクチャボックス116の下方に表示された3つの文字列118, 120および122のさらに下方に、当該ピクチャボックス116内に表示されるレントゲン撮影画像140に基づく判定結果を表す文字列410が、表示される。この文字列410(判定結果)の表示内容については、後で詳しく説明するが、骨密度評価プログラムの起動直後は、当該文字列410として“チェック未”という文字列が表示される。
- [0116] さて、今、メイン画面400において、第1実施形態と同様の要領で“画像1”～“画像4”に対応する画像データがハードディスクから順次読み込まれ、これによって、図26に示すように、各ピクチャボックス116, 116, …内に当該“画像1”～“画像4”に対応するレントゲン撮影画像140, 140, …が表示されたとする。そして、“画像1”に対応するラジオボタン124がONされた状態、つまり“画像1”が有効化された状態で、これから輝度 $Y[i, j]$ の補正を開始する旨の操作が成されたとする。すると、ディスプレイ24に、図27に示すようなサブ画面500が表示される。なお、かかる補正開始を指示するためのコマンドは、メニューバー106内の“編集”メニューに格納されている。
- [0117] 図27に示すように、サブ画面500の一番上には、第1実施形態と同様の横長のタイトルバー502が表示される。そして、このタイトルバー502には、カルテの番号と、現在有効化されている“画像A”(ここでは“画像1”)と、を表す横書きの文字列504が、例えば左詰で表示される。さらに、タイトルバー502の下方に、矩形のフレーム領域506が表示される。
- [0118] このフレーム領域206の左側には、第1実施形態のサブ画面200における領域選択エリア212よりも大きめの領域選択エリア508が、表示される。そして、この領域選択エリア508には、現在有効化されている“画像A”のレントゲン撮影画像140を拡大した拡大画像509が表示される。
- [0119] さらに、領域選択エリア508の下方であって、フレーム領域506の左下隅の部分には、“上”、“下”、“左”および“右”という個別の文字列510, 510, …が付された4つのラジオボタン512, 512, …が、縦2行横2列に表示されている。そして、これらのラジオボタン512, 512, …(文字列510, 510, …)の上方には、当該ラジオボタン512, 512, …の機能を表す“領域抽出”という文字列514が表示される。さらに、ラジオ

ボタン512, 512, …(文字列510, 510, …)の一群の右横方には、“参照チェック”という文字列514が付されたチェックボックス516が、表示される。

[0120] 一方、領域選択エリア508の右横方であって、フレーム領域206の上部には、4つのラジオボタン518, 518, …が、縦一列に表示される。そして、各ラジオボタン518, 518, …の右横方には、当該各ラジオボタン518, 518, …の見出しを表す個別の文字列、例えば“リファレンスバー”、“最高値(白)”、“最低値(黒)”および“評価対象”という文字列520, 520, …が表示される。さらに、一群のラジオボタン518, 518, …(文字列520, 520, …)の上方には、当該ラジオボタン518, 518, …の機能を表す“選択範囲”という文字列522が表示される。

[0121] そして、一群のラジオボタン518, 518, …の右横方であって、フレーム領域506の右上隅の部分には、注記524を表示するための注記エリア526が設けられている。なお、サブ画面500が表示された直後、換言すれば当該サブ画面200によって後述する補正処理が実行される前は、当該注記524として“未処理”という文字列が表示される。

[0122] さらに、注記エリア526の下方には、2つのエディットボックス528および530が、横並びに表示される。そして、これらのエディットボックス528および530の上方に、“基準最高値”および“基準最低値”という当該各エディットボックス528および530の見出しを表す2つの文字列532および534が表示される。なお、各エディットボックス528および530の一方、例えば“基準最高値”という見出し(文字列)532が付されたエディットボックス528には、後述する基準最高値 Y_{smax} が入力される。ただし、サブ画面500の表示直後は、当該基準最高値 Y_{smax} として“180”というデフォルト値が入力される。そして、他方の“基準最低値”という見出し534が付されたエディットボックス530には、後述する基準最低値 Y_{smin} が入力される。サブ画面500の表示直後は、このエディットボックス530に“30”というデフォルト値が入力される。

[0123] そしてさらに、各エディットボックス528および530の下方には、横長のリファレンスバー表示エリア536が表示される。そして、このリファレンスバー表示エリア536の左側上方には、“リファレンスバー”という当該リファレンスバー表示エリア536の見出しを表す文字列538が、表示される。

- [0124] また、リファレンスバー表示エリア536の左側下方には、概ね正方形の評価対象表示エリア540が表示される。そして、この評価対象表示エリア540の左側上方には、“評価対象”という当該評価対象表示エリア540の見出しを表す文字列542が、表示される。
- [0125] さらに、評価対象表示エリア540の右横方には、概ね正方形のヒストグラム表示エリア544が表示される。このヒストグラム表示エリア544の横軸には、一定の間隔で垂直の目盛線546. 546. …が記されている。また、このヒストグラム表示エリア544の上方には、3つのラジオボタン548, 548, …が、横一列に表示される共に、各ラジオボタン548, 548, …の右横方には、“原画”、“バー”および“対象”という当該各ラジオボタン548, 548, …の見出しを表す個別の文字列550, 550, …が表示される。さらに、各ラジオボタン548, 548, …(文字列550, 550, …)の上方には、当該各ラジオボタン548, 548, …の機能を表す“ヒストグラム”という文字列552が表示される。
- [0126] かかるサブ画面500において、例えば、今、図28に示すように、“選択範囲”という文字列522に付属する4つのラジオボタン518, 518, …のうち、“リファレンスバー”という見出し520が付されたラジオボタン518がONされるとする。そして、領域選択エリア508内のレントゲン撮影画像509上において、同図に点線554で示すように、マウス22(図1参照)の操作によって上述したリファレンスバー36(図2参照)に対応する部分556が選択されたとする。なお、この選択手順は、上述した第1実施形態(図10)においてリファレンスバー36に対応する部分250を選択するのと同様である。
- [0127] このように点線554で示される言わばリファレンスバー領域が選択されると、このリファレンスバー領域554内における輝度 $Y[i, j]$ の最高値および最低値が、検出される。ここで、最高値としては、基本的に、リファレンスバー領域554のうち上述したアルミニウム箔48が貼着された部分(図3参照)に対応する部分の輝度 $Y[i, j]$ が検出される。一方、最低値としては、リファレンスバー領域554のうちリファレンスバー36の最下段部分(厚さ寸法が T_a の部分)に対応する部分の輝度 $Y[i, j]$ が検出される。
- [0128] これら検出された最高値および最低値は、それぞれ輝度最高値 Y_{bmax} および輝度最低値 Y_{bmin} として、図29に示すテーブル600に記録される。なお、このテーブル600は、骨密度評価プログラムが起動されたときに、ハードディスク内に形成される

。また、このテーブル600には、上述した基準最高値 Y_{smax} および基準最低値 Y_{smin} も記録されている。

[0129] そして、このテーブル600に記録された輝度最高値 Y_{bmax} 、輝度最低値 Y_{bmin} 、基準最高値 Y_{smax} および基準最低値 Y_{smin} に基づいて、領域選択エリア508に表示されている拡大画像509の輝度 $Y[i, j]$ が補正される。つまり、次の数8に基づいて、補正後輝度 $Y'[i, j]$ が求められる。

[0130] [数8]

$$Y'[i, j] = \Delta Y[i, j] + Y_{smin}$$

$$\text{where } \Delta Y[i, j] = \frac{Y[i, j] - Y_{bmin}}{Y_{bmax} - Y_{bmin}} \cdot (Y_{smax} - Y_{smin})$$

[0131] そして、この数8によって求められた補正後輝度 $Y'[i, j]$ に基づいて、領域選択エリア508内の拡大画像509が改めて表示し直される。つまり、補正後輝度 $Y'[i, j]$ に基づくレントゲン撮影画像140の拡大画像509が、当該領域選択エリア508に表示される。

[0132] さらに、このレントゲン撮影画像140(拡大画像509)の全画素の補正後輝度 $Y'[i, j]$ が、256階調に振り分けられると共に、上述した数1と同様の次の数9に基づいて、それぞれの階調 x 毎の度数 $Ha'[x]$ が求められる。

[0133] [数9]

$$Ha'[x] = \frac{na'[x]}{Na}$$

[0134] なお、この数9において、 Na は、レントゲン撮影画像140の全画素数であり、 $na'[x]$ は、当該全画素数 Na のうち階調 x に振り分けられた画素数である。この数9の演算結果 $Ha'[x]$ もまた、上述のテーブル600に記録される。

[0135] そしてさらに、補正後輝度 $Y'[i, j]$ に従うリファレンスパー領域554の拡大画像558が、リファレンスパー表示エリア536に表示される。そして、このリファレンスパー領域554についても、当該リファレンスパー領域554を構成する各画素の輝度 $Yb'[i, j]$ が256階調に振り分けられると共に、次の数10に基づいて、それぞれの階調 x 毎の補正後度数 $Hb'[x]$ が求められる。

[0136] [数10]

$$Hb'[x] = \frac{nb'[x]}{Na}$$

[0137] この数10において、Nbは、リファレンスバー領域554を構成する全ての画素数であり、nb'[x]は、当該全画素数Nbのうち階調xに振り分けられた画素数である。この数10の演算結果Hb'[x]もまた、テーブル600に記録される。

[0138] この数10によって求められた補正後度数Hb'[x]に基づいて、さらにリファレンスバー領域554における補正後輝度Yb'[i, j]の平均値Mb'が求められる。具体的には、上述した数2と同様の次の数11によって補正後平均値Mb'が求められる。

[0139] [数11]

$$Mb' = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Hb'[x]\}$$

[0140] この数11の演算結果Mb'もまた、テーブル600に記録される。そして、現在有効化されている画像が“画像1”である場合は、この補正後平均値Mb'は、後述する基準平均値SMb'として設定される。

[0141] さらに、補正後度数Hb'[x]および補正後平均値Mb'に基づいて、リファレンスバー領域554における補正後輝度Yb'[i, j]の偏差Db'が求められる。具体的には、上述した数3と同様の数12によって補正後偏差Db'が求められる。

[0142] [数12]

$$Db' = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{(x - Mb')^2 \cdot Hb'[x]\}}$$

[0143] そして、この数11の演算結果Db'も、テーブル600に記録される。また、現在有効化されている画像が“画像1”である場合は、この補正後偏差Db'は、後述する基準偏差SDb'として設定される。

[0144] これらの補正後平均値Mb'および補正後偏差Db'は、注記524として注記エリア526に表示される。また、この注記エリア526の上部には、当該注記524として、“リファレンスバー”という見出しを表す文字列も表示される。

[0145] ここで、上述した“ヒストグラム”という文字列552に付属する3つのラジオボタン548

, 548, …のうち、“バー”という見出し550が付されたラジオボタン548がONされるとする。すると、ヒストグラム表示エリア544に、リファレンスバー領域552の補正後度数 $Hb'[x]$ に従う曲線(ヒストグラム)560が表示される。従って、この曲線560から、リファレンスバー領域552の補正後輝度 $Yb'[i, j]$ の分布を認識することができる。

[0146] また、図には示さないが、“原画”という見出し550が付されたラジオボタン548がONされると、ヒストグラム表示エリア544には、レントゲン撮影画像140全体の補正後度数 $Ha'[x]$ に従うヒストグラムが表示される。従って、この補正後度数 $Ha'[x]$ に従うヒストグラムから、レントゲン撮影画像140全体の補正後輝度 $Y'[i, j]$ の分布を認識することができる。なお、この時点で、“対象”という見出し550が付されたラジオボタン548がONされても、ヒストグラム表示エリア544には、何ら表示されない。

[0147] 次に、図30に示すように、“選択範囲”という文字列522に付属する4つのラジオボタン518, 518, …のうち、“最高値(白)”という見出し520が付されたラジオボタン518がONされるとする。なお、当該“最高値(白)”というラジオボタン518がONされることによって、上述の“リファレンスバー”というラジオボタン518がOFFされる。これと同時に、リファレンスバー領域(点線)554の表示も消える。

[0148] この図30に示す状態において、領域選択エリア508内のレントゲン撮影画像509上の任意の位置でクリックされると、そのクリック位置の輝度 $Y[i, j]$ が、輝度最高値 $Ybmax$ として設定し直される。つまり、テーブル600内の輝度最高値 $Ybmax$ が更新される。そして、この更新後の輝度最高値 $Ybmax$ は、上述の注記エリア526に注記524として表示される。

[0149] さらに、更新後の輝度最高値 $Ybmax$ に基づいて、補正後輝度 $Y'[i, j]$ が改めて補正される。そして、この言わば再補正後の輝度 $Y'[i, j]$ に基づいて、レントゲン撮影画像114(509)全体の階調毎度数 $Ha'[x]$, リファレンスバー領域554(拡大画像558)の階調毎度数 $Hb'[x]$, 輝度平均値 Mb' および輝度偏差 Db' が、改めて補正される。これらの補正結果は、領域選択エリア508に表示されたレントゲン撮影画像509, リファレンスバー表示エリア536に表示された拡大画像558, およびヒストグラム表示エリア544に表示された曲線560にも、反映される。

[0150] なお、輝度最高値 $Ybmax$ としては、上述したようにリファレンスバー領域554のうち

アルミニウム箔48が貼着された部分に対応する部分、つまり最も白く(明るく)撮影されている部分の輝度 $Y'[i, j]$ が設定されるのが、望ましい。なぜなら、これ以外の部分が設定された場合は、正確な補正後輝度 $Y'[i, j]$ を得られない可能性があるからである。ただし、例えばレントゲン撮影画像509(114)上においてアルミニウム箔48に対応する部分が良好に撮影されておらず、かついずれかの歯28, 30または32に金属を用いた治療が施されている場合(例えば金冠または銀冠が被覆されている場合)には、当該金属に対応する部分の輝度 $Y'[i, j]$ が輝度最高値 Y_{bmax} として設定されるようにする。このようにすれば、アルミニウム箔48に対応する部分が良好に撮影されていなくても、比較的望ましい補正後輝度 $Y'[i, j]$ を得ることができる。

[0151] 続いて、図31に示すように、“選択範囲”に付属する4つのラジオボタン518, 518, …のうち、“最低値(黒)”という見出し520が付されたラジオボタン518がONされるとする。そして、この状態で、レントゲン撮影画像509上の任意の位置においてクリックされると、そのクリック位置の輝度 $Y[i, j]$ が、輝度最低値 Y_{bmin} として設定し直される。つまり、テーブル600内の輝度最低値 Y_{bmin} が更新される。そして、この更新後の輝度最低値 Y_{bmin} は、注記エリア526に注記524として表示される。

[0152] さらに、上述の輝度最高値 Y_{bmax} が更新されたときと同様に、更新後の輝度最低値 Y_{bmin} に基づいて、補正後輝度 $Y'[i, j]$ が改めて補正される。そして、この再補正後輝度 $Y'[i, j]$ に基づいて、階調毎度数 $Ha'[x]$ および $Hb'[x]$ 、輝度平均値 Mb' 並びに輝度偏差 Db' が、改めて補正されると共に、この補正結果は、領域選択エリア508内のレントゲン撮影画像509、リファレンスバー表示エリア536内の拡大画像558、およびヒストグラム表示エリア544内の曲線560に、反映される。

[0153] なお、輝度最低値 Y_{bmax} としては、上述したようにリファレンスバー領域554のうちリファレンスバー36の最下段部分に対応する部分の輝度 $Y[i, j]$ が設定されるのが、望ましい。ただし、例えば当該リファレンスバー36の最下段部分が良好に撮影されていない場合には、レントゲン撮影画像509上で最も黒く(暗く)撮影されている部分の輝度 $Y'[i, j]$ が設定されるようにする。このようにすれば、リファレンスバー36の最下段部分が良好に撮影されていない場合でも、比較的望ましい補正後輝度 $Y'[i, j]$ を得ることができる。

- [0154] さらに続いて、図32に示すように、上述した4つのラジオボタン518, 518, …のうち、“評価対象”という見出し520が付されたラジオボタン518がONされたとする。これによって、評価対象領域562の選択が開始される。
- [0155] 即ち、領域選択エリア508内のレントゲン撮影画像509上において、第1実施形態（図13参照）のときと同様に、マウス22の操作によって評価対象領域562が選択される。ただし、第1実施形態では、評価対象領域254の形状が矩形に限定されたが、この第2実施形態においては、当該評価対象領域562を多角形状に選択することができる。具体的には、マウス22による最初のクリック操作によって、評価対象領域562（枠）の始点が設定される。そして、マウス22によってクリック操作が成される度に、評価対象領域562の頂点が設定される。そして、評価対象領域362の始点と同じ位置でマウス22がダブルクリックされると、当該評価対象領域362の終点が設定される。従って、例えば矩形状の評価対象領域562を形成することもできるが、図32に示すように、第1小臼歯28の歯根40に対応する部分564を当該評価対象領域562から外すこともできる。つまり、歯根40の周囲の歯槽骨34に対応する部分566のみを評価対象領域562として選択することができる。
- [0156] このようにして評価対象領域562が選択されると、サブ画面500の上に、図33に示すようなメッセージボックス700がオーバーレイ表示される。このメッセージボックス700には、選択された評価対象領域562の確定の可否を問うメッセージ、例えば“この領域でキャプチャしてもよろしいですか？”という文字列702が表示される。そして、この文字列702の下方に、“はい”、“いいえ”および“キャンセル”という個別の文字列が付された3つのボタン704, 706および708が、横一列に表示される。
- [0157] このメッセージボックス700において、例えば“はい”というボタン704がクリックされると、評価対象領域562が確定される。そして、上述した数4と同様の次の数13に基づいて、確定された評価対象領域562の補正後度数 $Ho'[x]$ が求められる。

[0158] [数13]

$$Ho'[x] = \frac{no'[x]}{No}$$

[0159] なお、この数13において、Noは、評価対象領域562を構成する全ての画素数であ

り、 $no'[x]$ は、当該全画素数 No のうち階調 x の画素数である。この数13の演算結果 $Ho'[x]$ は、上述したテーブル600に記録される。

- [0160] そして、この数13によって求められた補正後度数 $Ho'[x]$ に基づいて、評価対象領域562における補正後輝度 $Yo'[i, j]$ の平均値、つまり上述した補正後平均値 Mo' が求められる。具体的には、上述した数5と同様の次の数14によって、補正後平均値 Mo' が求められる。

- [0161] [数14]

$$Mo' = \sum_{x=0}^{255} \{x \cdot Ho'[x]\}$$

- [0162] この数14の演算結果 Mo' もまた、テーブル600に記録される。この数14によって求められた補正後平均値 Mo' および上述の補正後度数 $Ho'[x]$ に基づいて、評価対象領域562における補正後輝度 $Yo'[i, j]$ の偏差 Do' が求められる。具体的には、上述した数6と同様の数15によって補正後偏差 Do' が求められる。なお、この数15の演算結果 Do' もまた、テーブル600に記録される。

- [0163] [数15]

$$Do' = \sqrt{\sum_{x=0}^{255} \{(x - Mo')^2 \cdot Ho'[x]\}}$$

- [0164] このようにして評価対象領域562の補正後度数 $Ho'[x]$ 、補正後平均値 Mo' および補正後偏差 Do' が求められた後、メッセージボックス700の表示が消える。そして、サブ画面500が、図34に示すような状態に遷移する。

- [0165] 即ち、評価対象表示エリア540内に、評価対象領域562の拡大画像568が表示されると共に、注記エリア526に、補正後平均値 Mo' および補正後偏差 Mo' を表す文字列が、注記524として表示される。また、この注記エリア526の上部には、当該注記524として、“評価対象”という見出しを表す文字列も表示される。

- [0166] ここで、上述した“ヒストグラム”に付属する3つのラジオボタン548、548、…のうち、“対象”という見出し550が付された右側にあるラジオボタン548がONされるとする。すると、ヒストグラム表示エリア544に、評価対象領域562の補正後度数 $Ho'[x]$ に従う曲線560が表示される。従って、この曲線560から、評価対象領域562の補正後輝

度 $Y_o'[i, j]$ の分布を認識することができる。

- [0167] なお、“原画”というラジオボタン548がONされると、上述したようにヒストグラム表示エリア544には、レントゲン撮影画像140全体の補正後度数 $H_a'[x]$ に従うヒストグラムが表示される。そして、“バー”というラジオボタン548がONされると、リファレンスバ一領域552の補正後度数 $H_b'[x]$ に従うヒストグラムが表示される。
- [0168] また、評価対象領域562が確定された後で、上述の如く輝度最高値 Y_{bmax} が更新されると、この更新後の輝度最高値 Y_{bmax} に基づいて、補正後輝度 $Y'[i, j]$ が改めて補正され、ひいては当該評価対象領域562の補正後度数 $H_o'[x]$ 、補正後平均値 M_o' および補正後偏差 D_o' も改めて補正される。そして、これらの補正結果は、評価対象表示エリア540の拡大画像568、およびヒストグラム表示エリア544の曲線560にも、反映される。このことは、輝度最低値 Y_{bmin} が更新されたときも、同様である。
- [0169] 図33に戻って、メッセージボックス700において、“いいえ”というボタン706がクリックされると、当該メッセージボックス700の表示が消える。この場合、図32のサブ画面500が再度現れる。そして、このサブ500において、評価対象領域562の形状および寸法を任意に変更することができる。この変更手順については、一般の画像編集ソフトウェアによる手順と同様であるので、詳しい説明を省略する。
- [0170] また、メッセージボックス700において“キャンセル”というボタン708がクリックされると、当該メッセージボックス700の表示が消えると共に、サブ画面500が最初の状態、つまり評価対象領域562の始点が設定される前の状態に戻る。なお、メッセージボックス700の右上にある“×”印の閉じるボタン710がクリックされた場合も、同様である。
- [0171] さらに、サブ画面500において、上述した“基準最高値”という見出し532が付されたエディットボックス528の数値が変更されると、これに従ってテーブル600内の基準最高値 Y_{smax} が更新される。そして、この更新後の基準最高値 Y_{smax} に基づいて、補正後輝度 $Y'[i, j]$ が改めて補正され、ひいてはテーブル600内の各パラメータ、つまり各補正後度数 H_a' 、 H_b' 、 H_o' 、補正後平均値 M_b' 、 M_o' 、補正後偏差 D_b' および D_o' も改めて補正される。そして、これらの補正結果は、領域選択エリア508

のレントゲン撮影画像509, 評価対象表示エリア540の拡大画像568、およびヒストグラム表示エリア544の曲線560にも、反映される。このことは、“基準最低値”という見出し534が付されたエディットボックス530の数値が変更されたときも、同様である。ただし、これら基準最高値 Y_{smax} および基準最低値 Y_{smin} は、飽くまで基準値であるので、不用意に変更されるのは好ましくない。これらに変更されるのは、例えば上述の如くリファレンスバー領域554が良好に撮影されていない場合等のように輝度最高値 Y_{bmax} または輝度最低値 Y_{bmin} を正確に捉えることができない場合に留めておくのが、望ましい。

[0172] なお、この第2実施形態では、上述したように評価対象領域562を多角形状に選択することができるが、その反面、当該評価対象領域562として一定の形状でかつ一定寸法の領域を設定し難くなる場合がある。そこで、この第2実施形態においては、一定形状かつ一定寸法の評価対象領域562を設定できるようにするべく、当該評価対象領域562の設定を支援する領域設定支援機能を備えている。

[0173] 即ち、“参照チェック”という見出し514が付されたチェックボックス516がクリックされると、図35に示すように、当該チェックボックス516にチェックマーク570が入力される。これによって、上述の領域設定支援機能が有効化される。そして、“領域抽出”という文字列514の下方にある4つのラジオボタン512, 512, …のいずれか、例えば“上”という文字列510が付されたラジオボタン512がONされるとする。この状態で、レントゲン撮影画像509上の第1小臼歯28の最上端に対応する部分がクリックされると、当該部分に所定のマーク、例えば“×”というマーク572が付される。

[0174] これと同様に、例えば“下”, “左”および“右”のラジオボタン512, 512, …がこの順番でONされると共に、レントゲン撮影画像509上の第1小臼歯28の最下端, 左端および右端のそれぞれに対応する部分がこの順番でクリックされると、図36に示すように、当該第1小臼歯28の最下端, 左端および右端に対応する部分のそれぞれに、マーク572が付される。そして、このように“上”, “下”, “左”および“右”に対応する4つのマーク572, 572, …が付されると、これらのマーク572, 572, …を各辺に1つずつ置く矩形の目印線574が、自動的に描画される。さらに、この目印線574の中央に、当該目印線574で表される矩形を半分に縮小した別の目印線576が描画されると

共に、互いに対向するマーク572, 572, …を結ぶ直線状の目印線578および580が描画される。

- [0175] 従って、図37に示すように、これらの目印線574〜580を参考にして、評価対象領域562を描画する、つまり始点、各頂点および終点を指定すれば、当該評価対象領域562を設定し易くなり、ひいては一定形状かつ一定寸法の評価対象領域562を設定できるようになる。なお、ラジオボタン512, 512, …をONする順番は、任意である。また、それぞれのマーク572の位置は、任意に変更することができる。そして、上述したチェックマーク570が外されると(チェックボックス516が再度クリックされると)、各マーク572, 572, …および目印線574〜580の表示が消える。
- [0176] このようにサブ画面500による補正を終えた後、タイトルバー502の右端にある閉じるボタン582がクリックされると、ディスプレイ24の表示は、図38に示すようなメイン画面100に戻る。
- [0177] 即ち、補正後平均値 Mo' および補正後偏差 Do' が、“画像1”のピクチャボックス116の下方の文字列120および122によって表される。そして、上述した基準平均値 Smb' および基準偏差 Sdb' が、メイン画面100の右端部分に表示された文字列130および132によって表される。さらに、“チェック”という文字列410の横方に、補正後平均値 Mo' に基づく判定結果が表示される。ここでは、補正後平均値 Mo' (=83.3351)が、“要注意”というエディットボックス402に入力された値(=70)よりも大きく、かつ“注意”というエディットボックス404に入力された値以下であるので、当該判定結果として骨減少症の可能性があることを示す“注意”という結果が表示される。なお、補正後平均値 Mo' が、“要注意”というエディットボックス402に入力された値以下である場合には、当該判定結果として骨粗鬆症の可能性があることを示す“要注意”という結果が表示される。また、補正後平均値 Mo' が、“注意”というエディットボックス404に入力された値よりも大きい場合には、当該判定結果として“正常”という結果が表示される。
- [0178] そしてさらに、ヒストグラム表示エリア134に、補正後度数 $Ho'[x]$ に従う曲線412が表示される。この曲線412は、上述した図34における曲線560と相似形のものである。なお、図38からは判らないが、“画像1”のピクチャボックス116には、補正後輝度 Y

'[i, j]に基づく(つまり補正後の)レントゲン撮影画像140が表示される。

[0179] これと同じ要領で、他の“画像A”、つまり“画像2”、“画像3”および“画像4”についてもサブ画像500が表示され、当該サブ画像500上でリファレンスバー領域554と評価対象領域562とが選択されると、当該サブ画像500は図39に示すようになる。なお、図39は、“画像2”についてのサブ画像500である。

[0180] この“画像1”以外のサブ画面500では、当該“画像1”とは一部異なる方法によって、補正処理が行われる。即ち、リファレンスバー領域554が選択されると、上述した数1、数2および数3に基づいて当該リファレンスバー領域554の補正前の度数Hb[x]、輝度平均値Mbおよび輝度偏差Dbが求められる。これらの演算結果Hb[x]、MbおよびDbは、上述したテーブル600に記録される。そして、これら補正前の度数Hb[x]、輝度平均値Mbおよび輝度偏差Dbに基づいて、レントゲン撮影画像140(拡大画像509)の輝度Y[i, j]が補正される。具体的には、上述した数7と同様の次の数16に基づいて、補正後輝度Y'[i, j]が求められる。

[0181] [数16]

$$Y'[i, j] = \frac{S Db}{Db} \cdot (Y[i, j] - Mb) + SMb$$

[0182] つまり、“画像1”以外の“画像A”については、当該“画像1”のリファレンスバー領域554の補正後輝度Yb'[i, j]に基づいて輝度補正が行われる。なお、これ以降は、“画像1”の場合と同様の手順により補正処理が行われる。

[0183] このようにして全ての“画像A”についてサブ画面500による補正処理が行われた後、メイン画面400に戻されると、当該メイン画面400は図40に示すようになる。

[0184] 即ち、各“画像A”の補正後平均値Mo'および補正後偏差Do'が、それぞれに対応するピクチャボックス116の下方の文字列120および122によって表示される。そして、補正後平均値Mo'に基づく判定結果が、文字列410によって表される。また、ピクチャボックス116内のレントゲン撮影画像140は、補正後輝度Y'[i, j]に基づいて表示し直される。さらに、ヒストグラム表示エリア134に、各“画像A”の補正後度数Ho'[x]に従う4つの曲線412, 412, …が互いに異なる色で表示される。

[0185] このように、第2実施形態によれば、基準最高値Ysmaxおよび基準最低値Ysmin

という一定の基準に基づいて、“画像1”の輝度 $Y[i, j]$ が補正される。そして、この一定の基準に基づいて補正された“画像1”のリファレンスバー領域554の補正後輝度 $Yb'[i, j]$ に基づいて、他の“画像A”、つまり“画像2”、“画像3”および“画像4”の輝度補正が行われる。換言すれば、これらの“画像2”、“画像3”および“画像4”についても、一定の基準に基づいて輝度補正が行われることになる。従って、各“画像A”の補正後輝度 $Y'[i, j]$ 、厳密には補正後平均値 Mo' から、骨密度の程度を判定することができる。しかも、この判定結果がメイン画面400上で(文字列410によって)表示されるので、患者側にとっても自身の骨密度を把握し易くなる。勿論、この判定結果は、印刷したり、記録媒体に記録したりすることもできる。

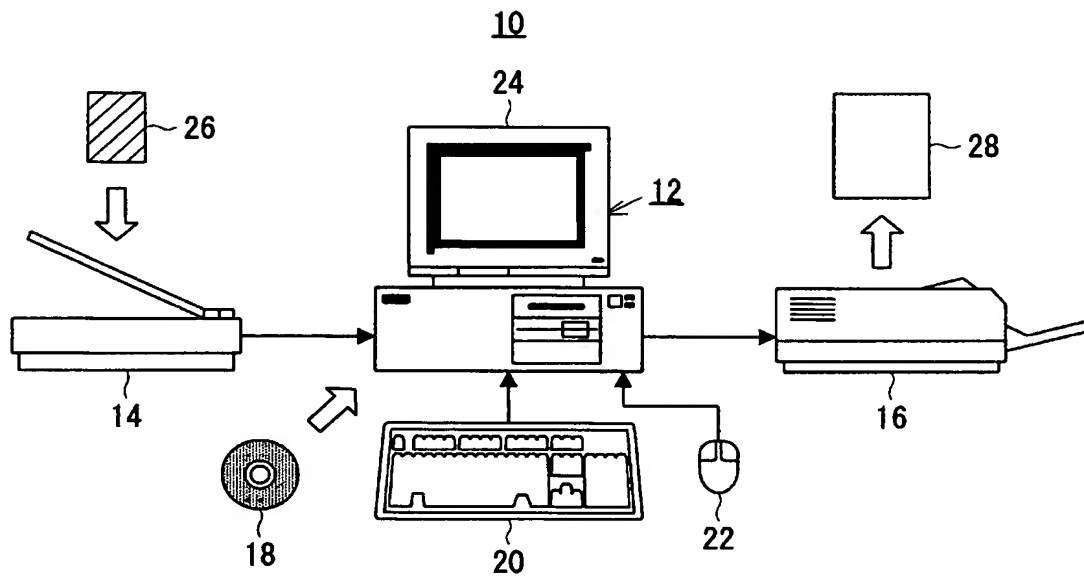
請求の範囲

- [1] 下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する骨密度評価装置であって、
上記レントゲン撮影画像は上記下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含み、
上記標本体の画像の濃淡度を検出する検出手段と、
上記検出手段による検出結果が基準値と一致するように上記レントゲン撮影画像
の濃淡度を補正する補正手段と、
上記補正手段によって補正された補正後濃淡度に基づいて上記骨密度を評価す
る評価手段とを具備することを特徴とする、骨密度評価装置。
- [2] 上記評価手段は上記レントゲン撮影画像のうち特定領域の上記補正後濃淡度
に基づいて評価を行う、請求項1に記載の骨密度評価装置。
- [3] 上記特定領域は第1小臼歯の周囲の歯槽骨部分に対応する領域を含む、請求項
2に記載の骨密度評価装置。
- [4] 上記検出手段は上記標本体の画像の特定部分の濃淡度を検出する、請求項1な
いし3のいずれかに記載の骨密度評価装置。
- [5] 上記標本体の画像の濃淡度は該画像の場所によって異なり、
上記検出手段は上記標本体の画像の濃淡度の平均および偏差の一方または両方
を検出する、請求項1ないし3のいずれかに記載の骨密度評価装置。
- [6] 上記基準値を任意に設定する設定手段をさらに備える、請求項1ないし5のいづれ
かに記載の骨密度評価装置。
- [7] 上記基準値は特定の上記レントゲン撮影画像についての上記検出手段による検出
結果に基づいて設定された、請求項1ないし5のいずれかに記載の骨密度評価装置
。
- [8] 上記評価手段は上記補正後濃淡度をヒストグラムで表示する表示手段を含む、請
求項1ないし7のいずれかに記載の骨密度評価装置。
- [9] 上記評価手段は上記補正後濃淡度に基づいて上記骨密度の程度を判定する判
定手段を含む、請求項1ないし8のいずれかに記載の骨密度評価装置。
- [10] 上記評価手段による複数の上記レントゲン撮影画像のそれぞれに係る複数の評価
結果を同時に出力する出力手段をさらに備える、請求項1ないし9のいずれかに記載

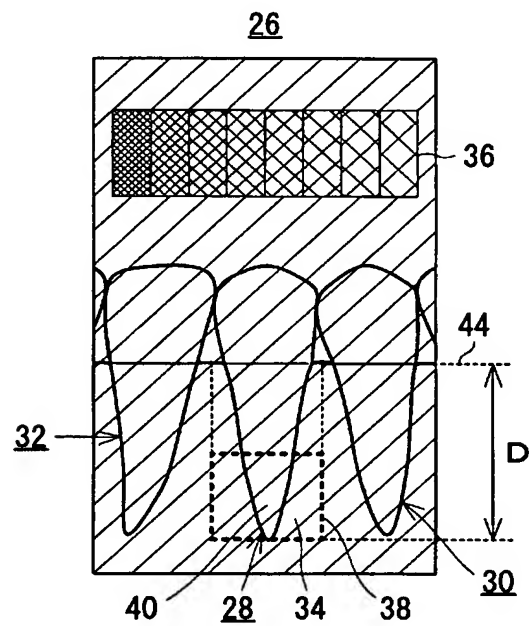
の骨密度評価装置。

- [11] 下顎骨のレントゲン撮影画像を基に骨密度を評価する骨密度評価方法であって、
上記レントゲン撮影画像は上記下顎骨と並んで配置された標本体の画像を含み、
上記標本体の画像の濃淡度を検出する検出過程と、
上記検出過程における検出結果が基準値と一致するように上記レントゲン撮影画像の濃淡度を補正する補正過程と、
上記補正過程において補正された補正後濃淡度に基づいて上記骨密度を評価する評価過程とを具備することを特徴とする、骨密度評価方法。

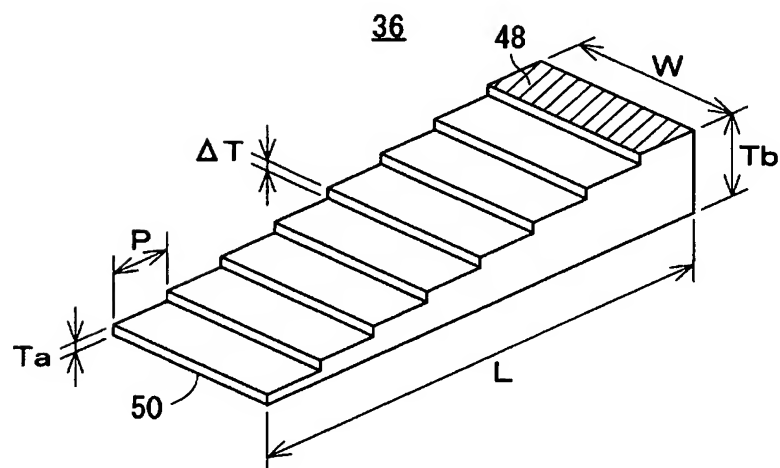
[図1]



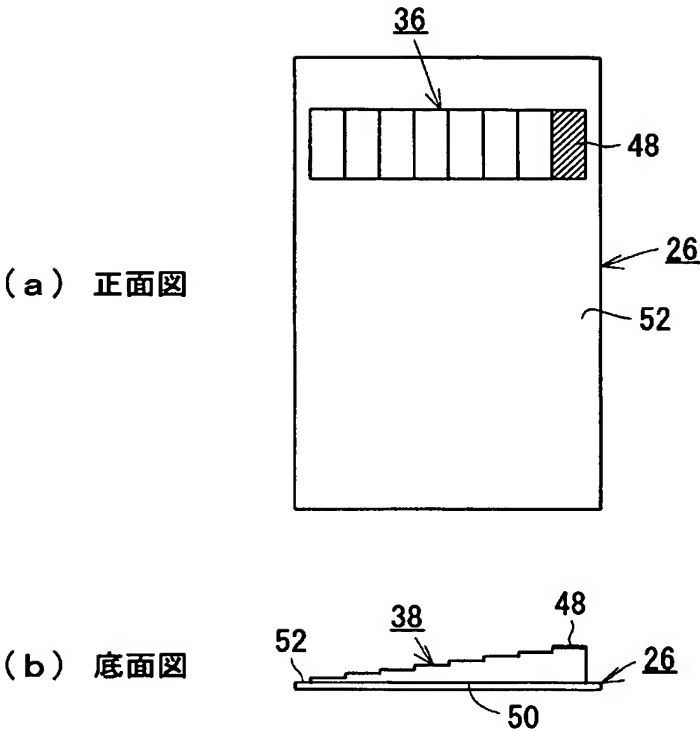
[図2]



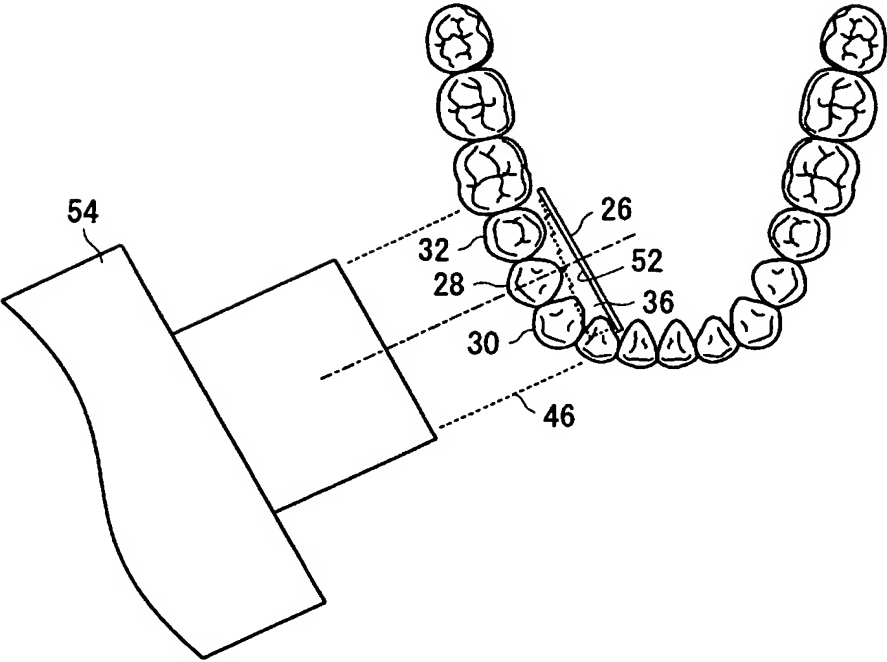
[図3]



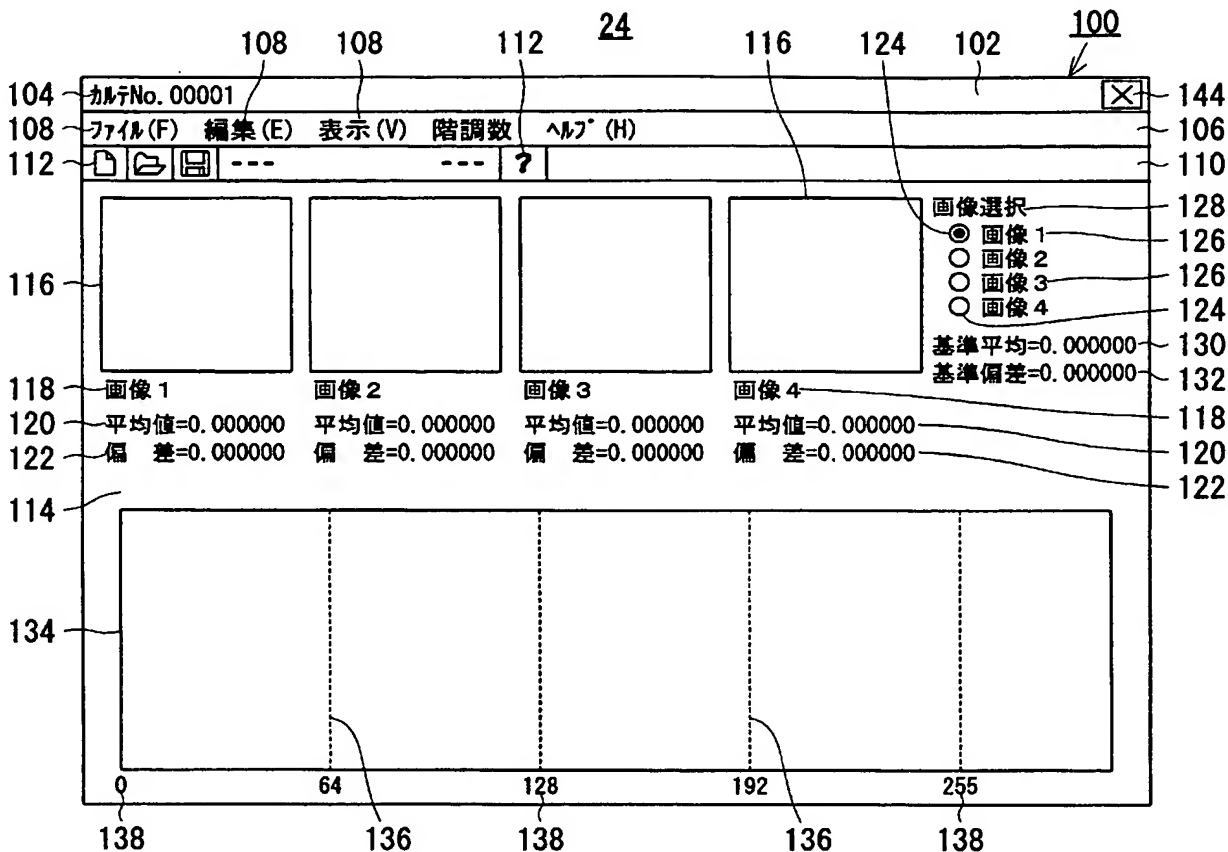
[図4]



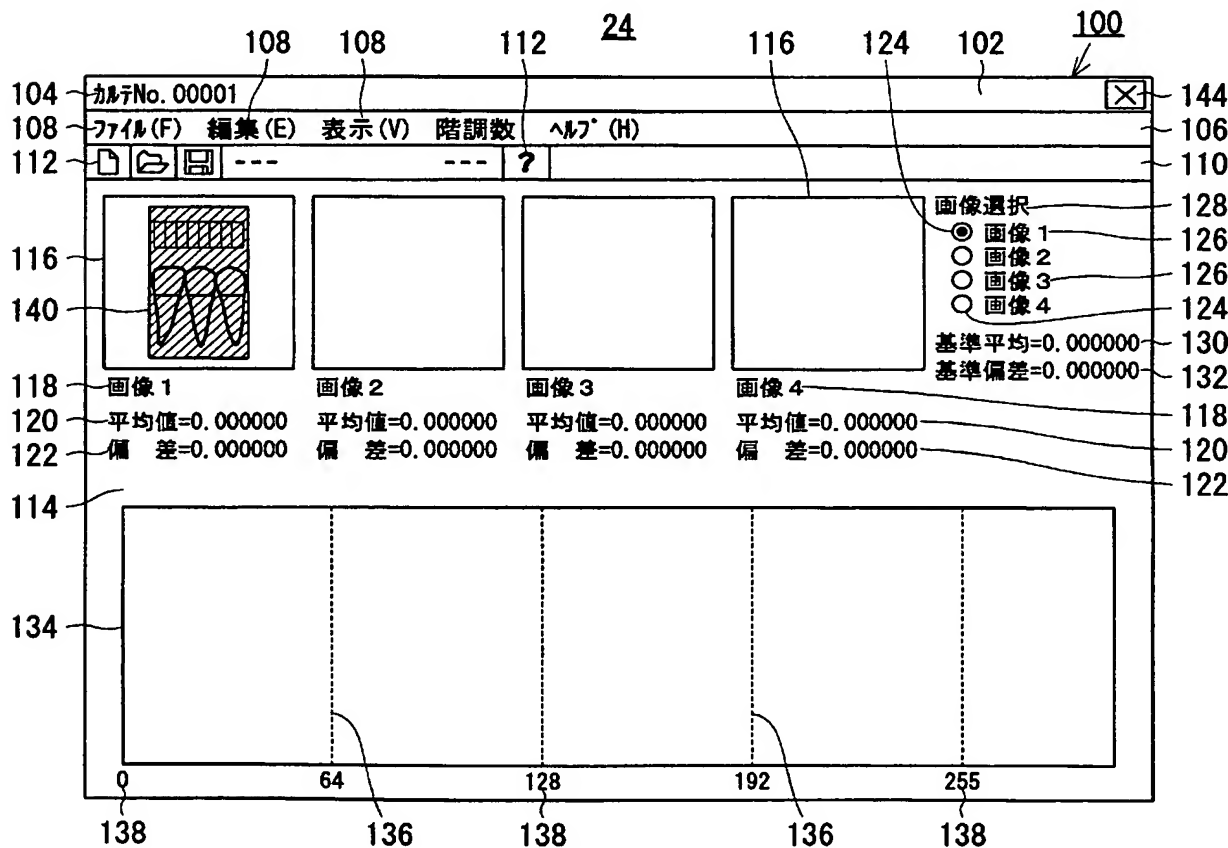
[図5]



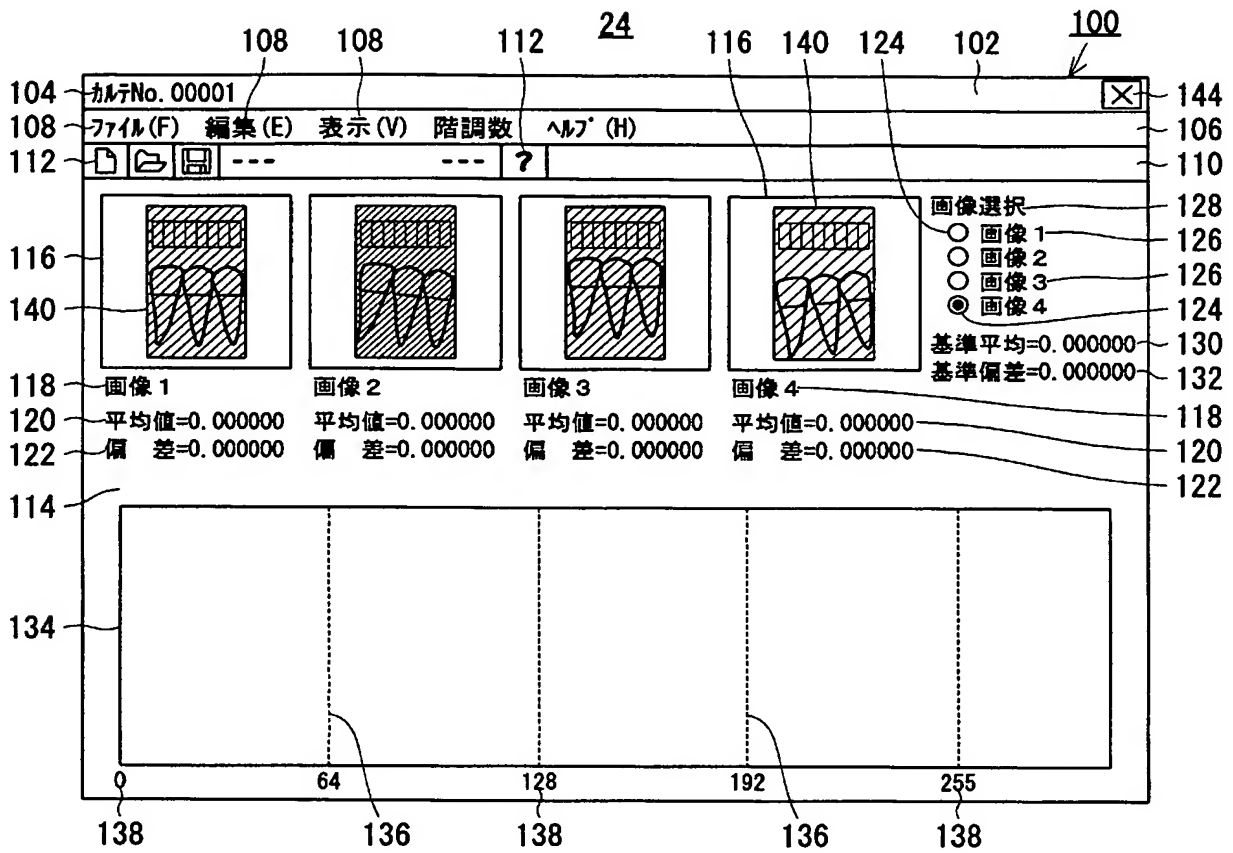
[図6]



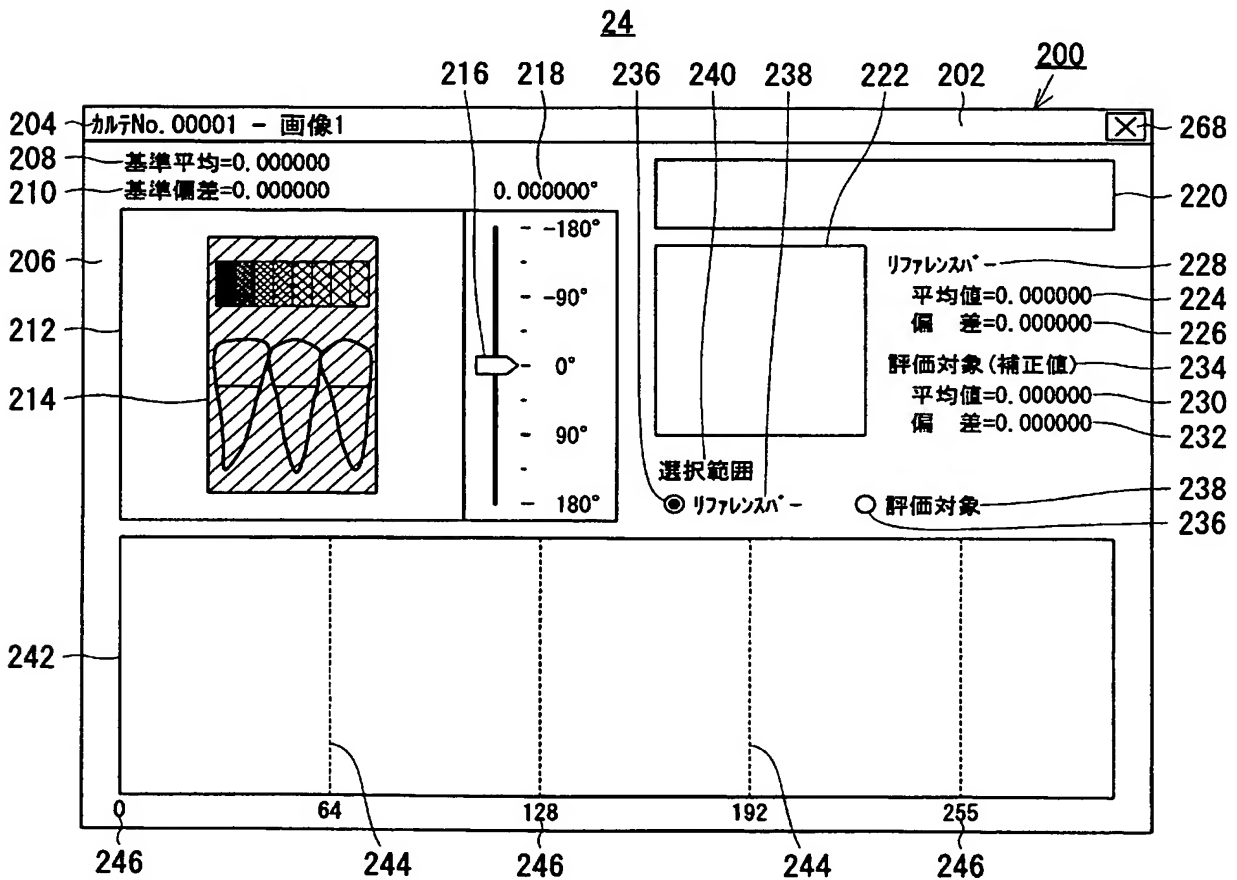
[図7]



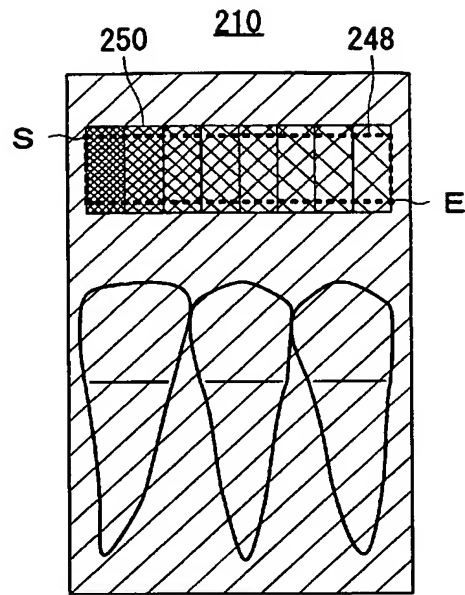
[図8]



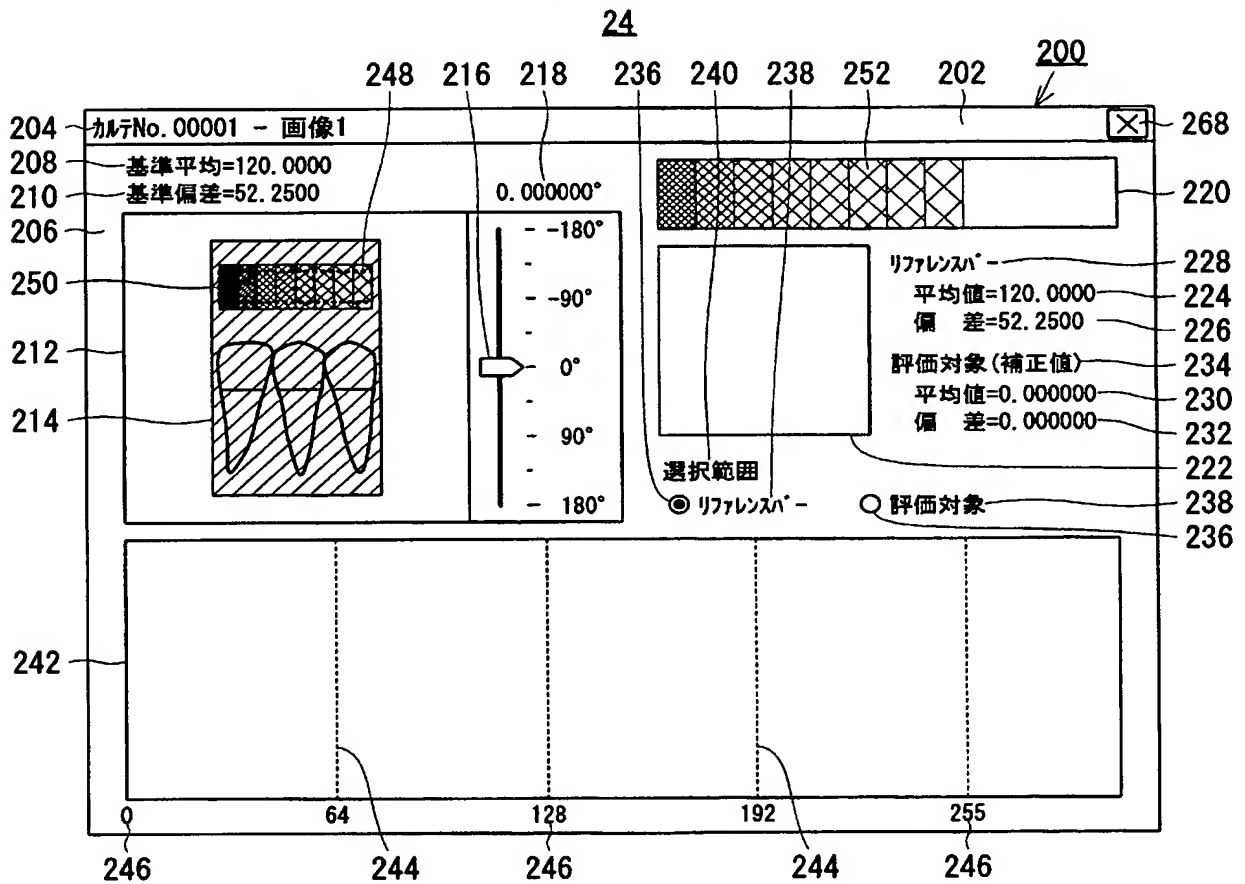
[図9]



[図10]



[図11]



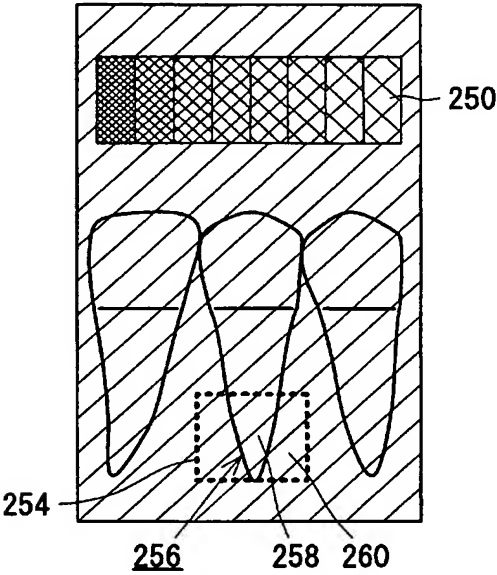
[図12]

300

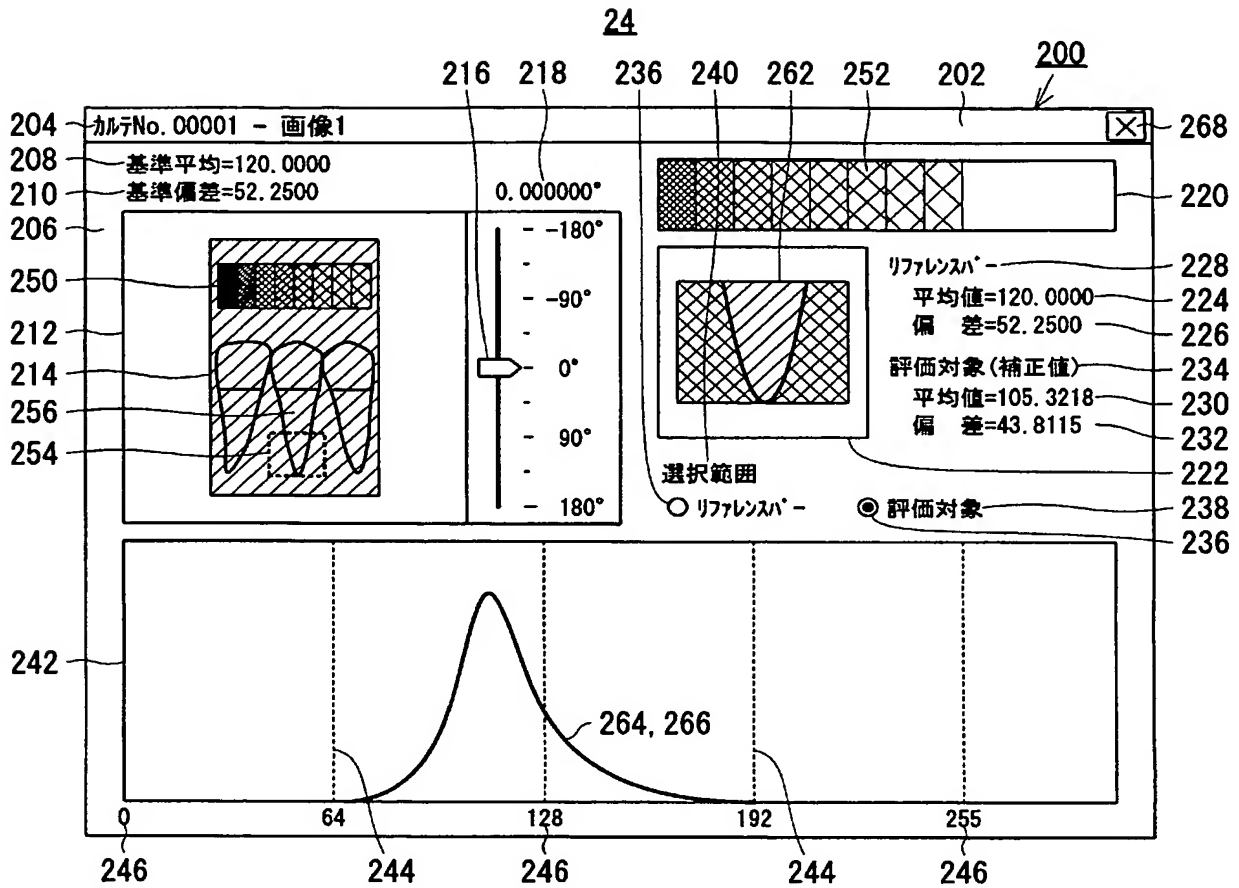
ITEM	画像1	画像2	画像3	画像4
Hb[x]				
Mb	(SMb)			
Db	(SDb)			
Ho[x]				
Mo				
Do				
Ho' [x]				
Mo'				
Do'				

[図13]

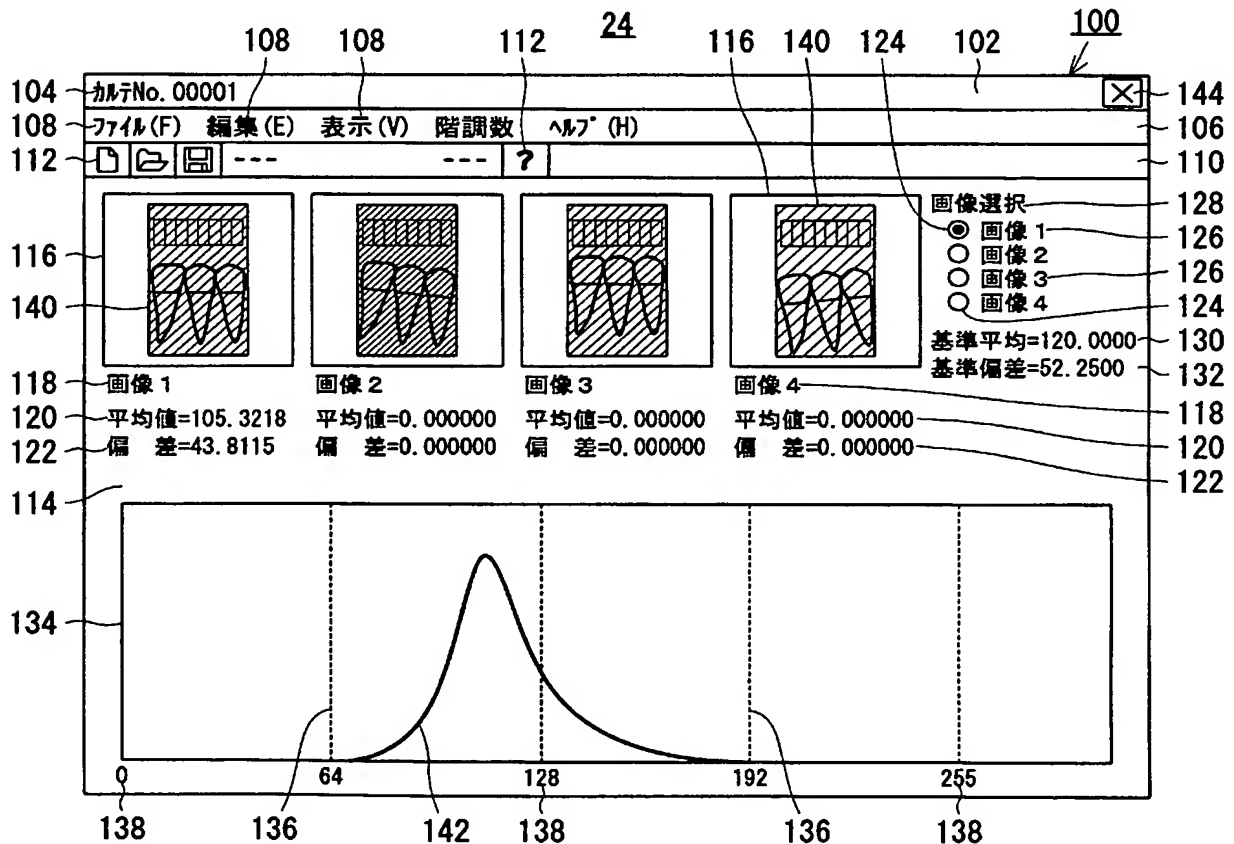
214



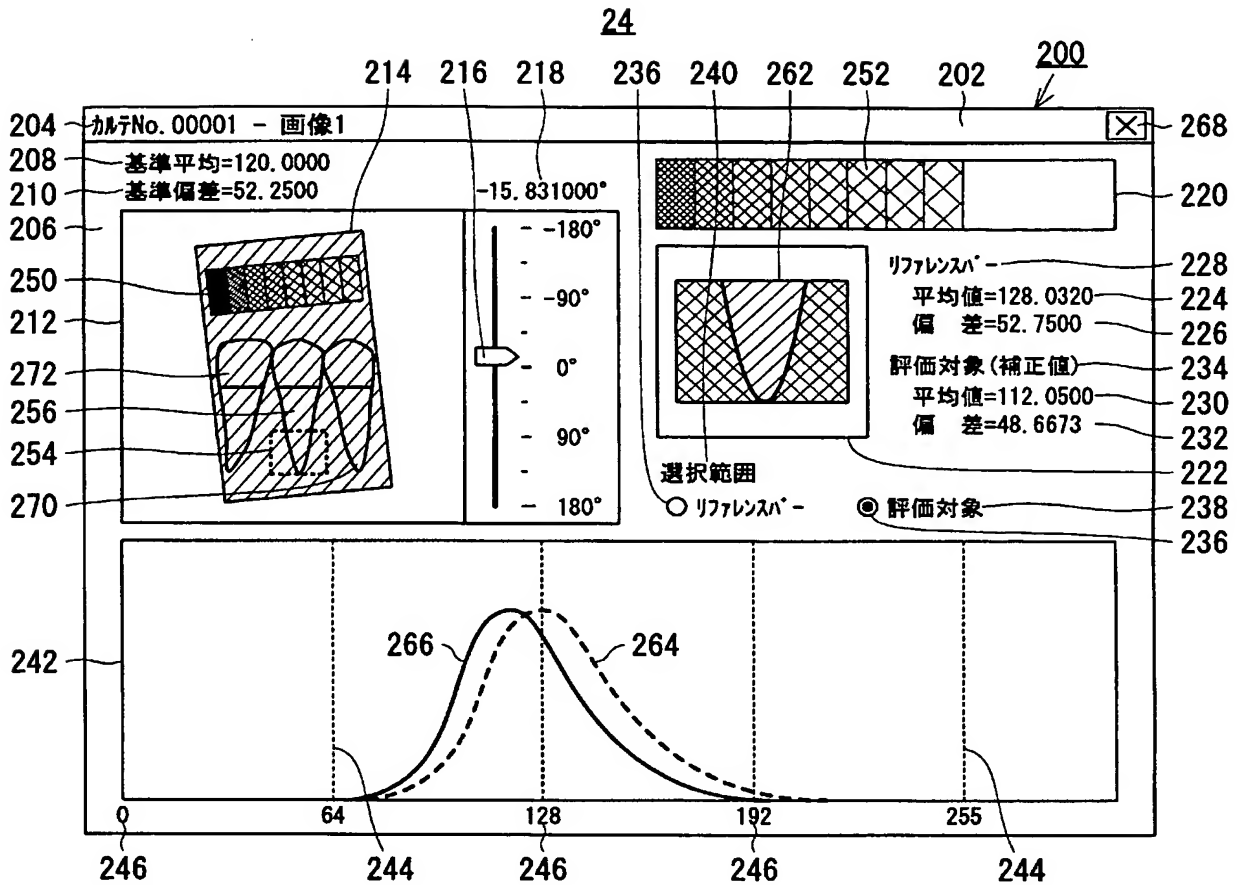
[図14]



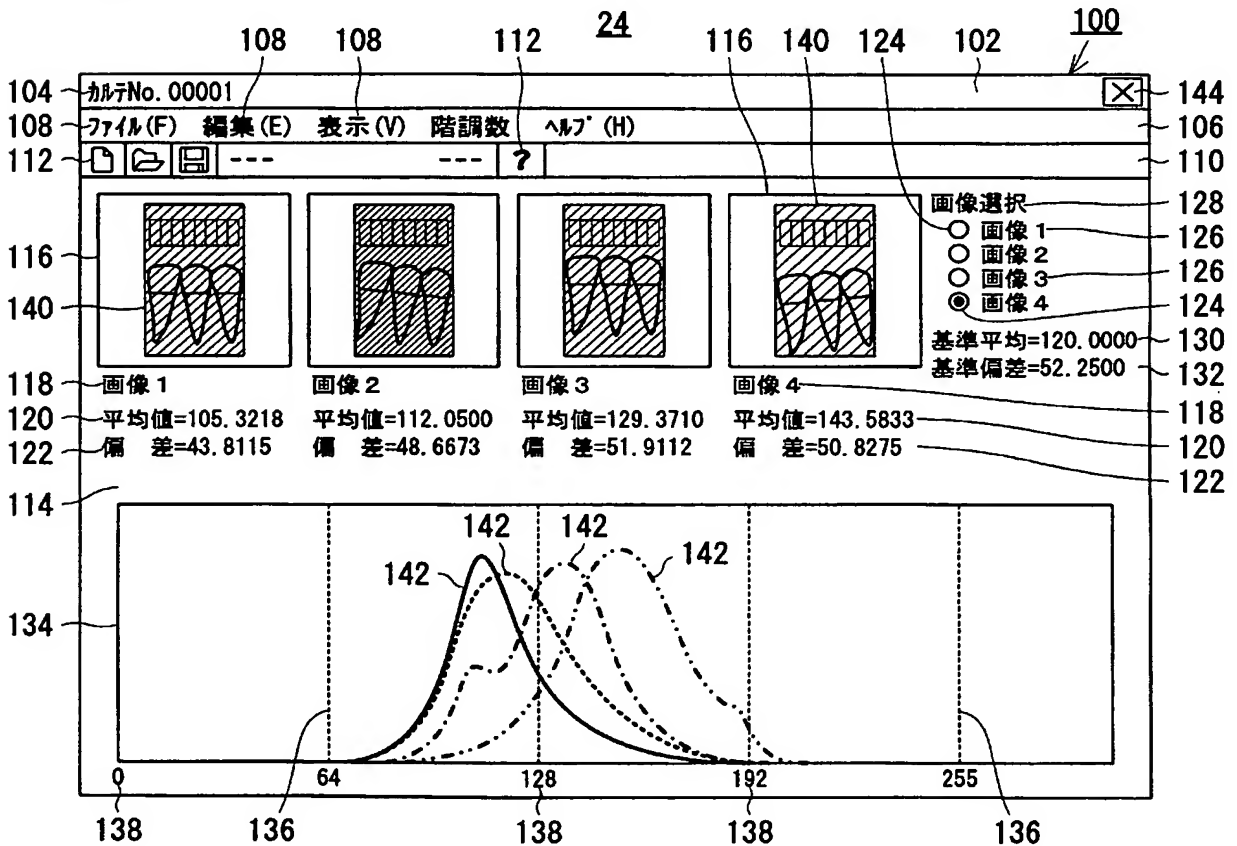
[図15]



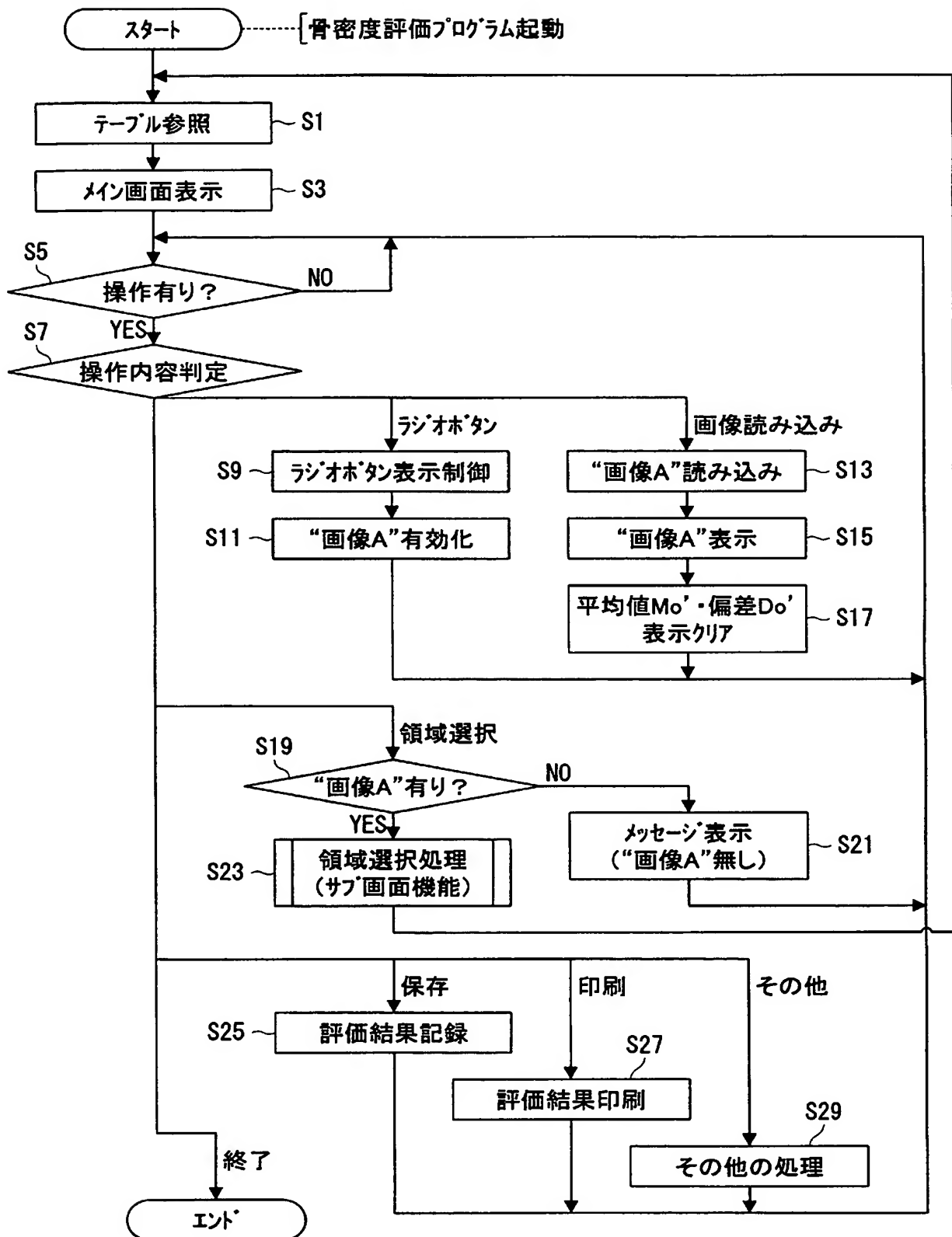
[図16]



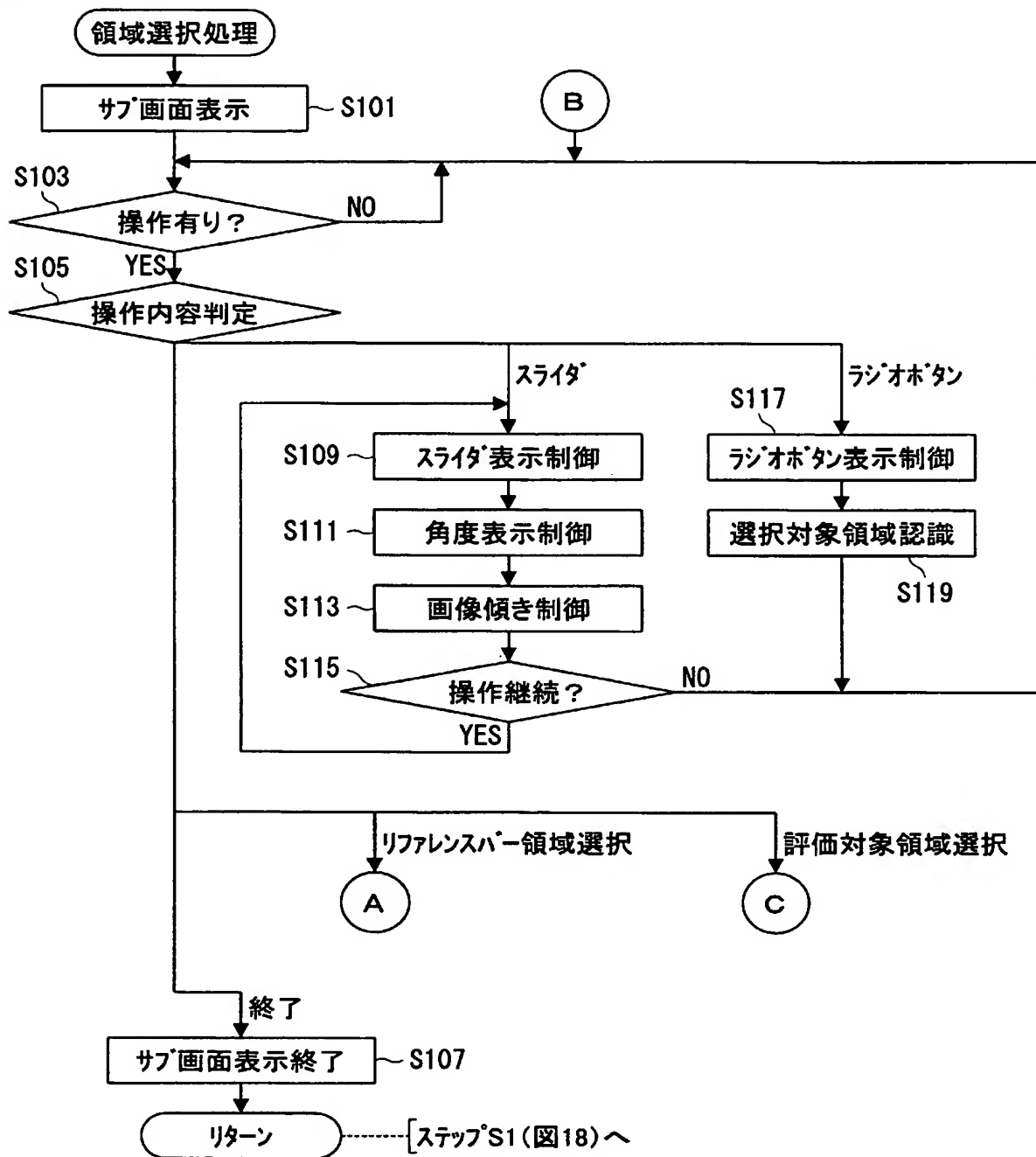
[図17]



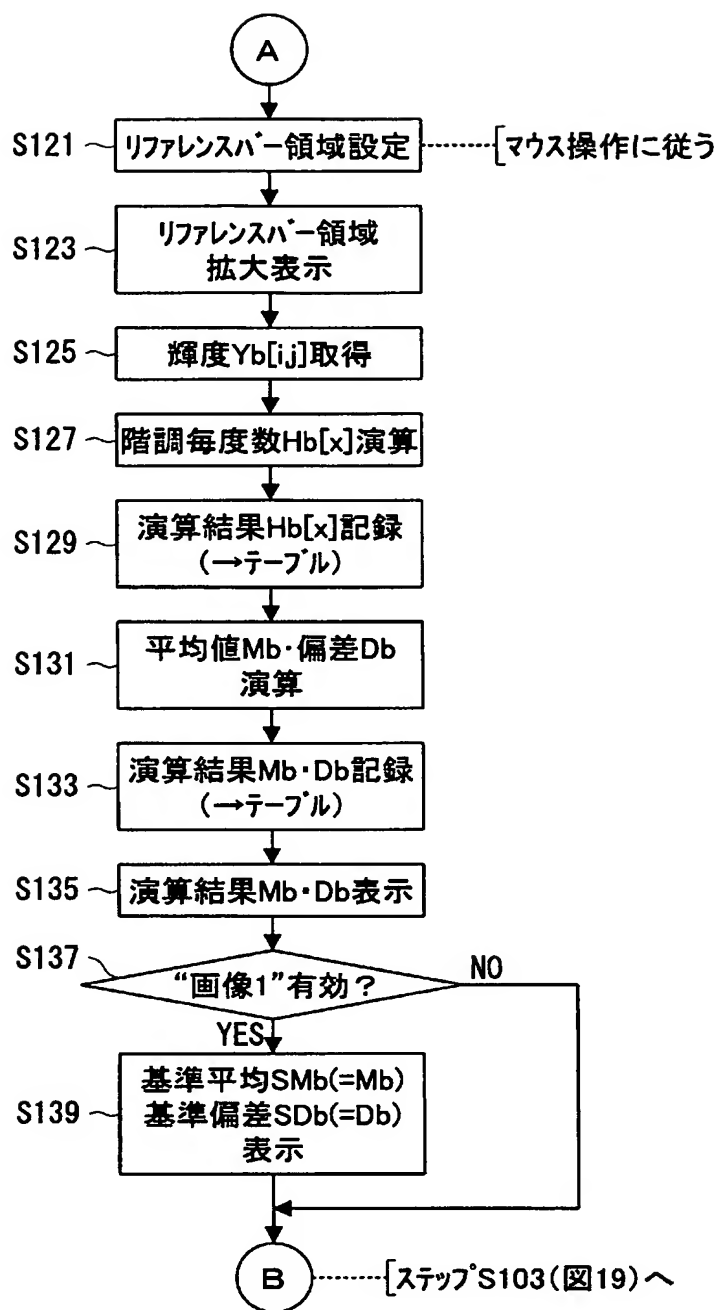
[図18]



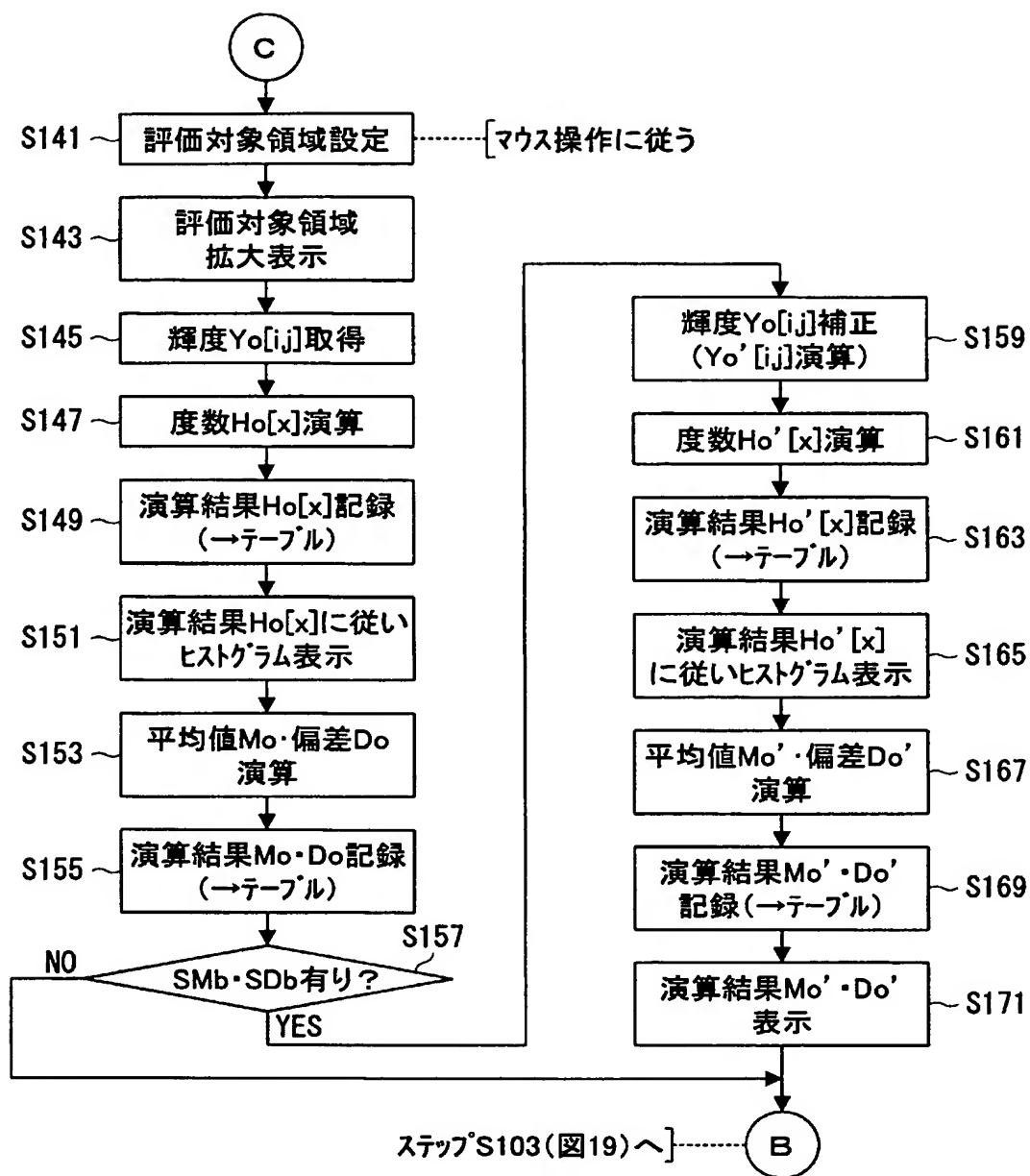
[図19]



[図20]



[図21]



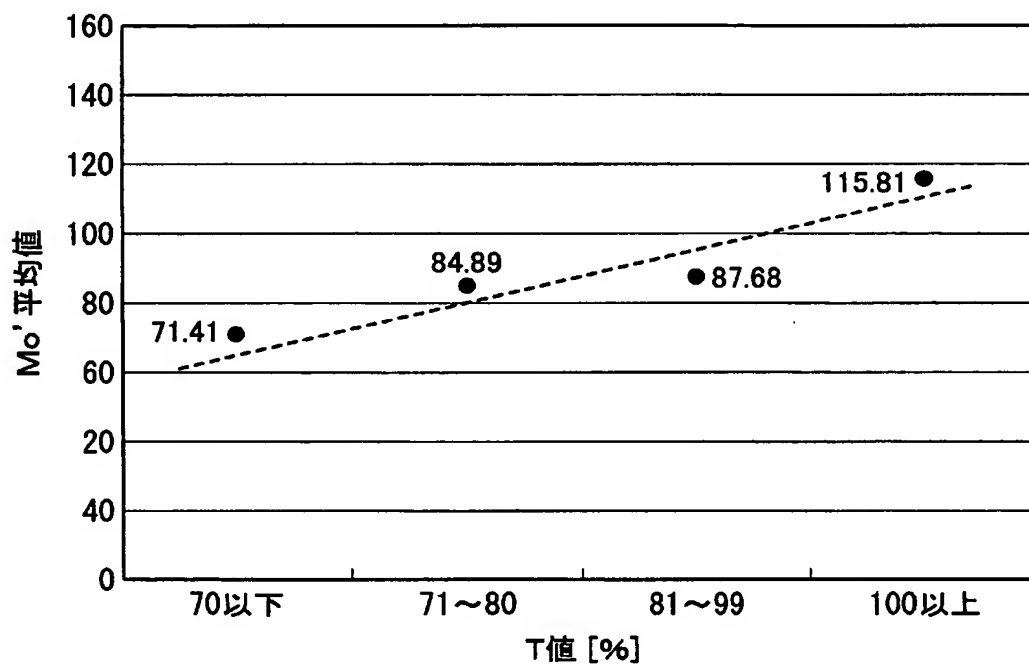
[図22]

No.	年齢 [歳]	BMD値 [gms/cm ²]	T値 [%]	輝度平均値 Mo'
1	50	1.071	106	99.99
2	51	0.702	69	63.03
3	51	0.923	91	96.14
4	52	1.323	131	119.02
5	54	0.924	91	83.54
6	54	0.948	94	104.05
7	55	0.747	74	95.53
8	55	0.929	92	98.68
9	56	1.021	101	113.93
10	56	0.887	88	88.92
11	56	1.049	104	146.36
12	56	1.076	106	99.73
13	58	0.927	92	92.51
14	58	0.711	70	80.53
15	59	0.812	80	73.81
16	59	0.995	98	76.42
17	59	0.814	81	70.16
18	60	0.910	90	83.55
19	60	0.789	79	81.66
20	60	0.826	82	95.09
21	60	0.980	97	95.37
22	61	0.692	68	80.20
23	62	0.729	72	78.35
24	62	0.993	98	64.88
25	62	1.006	99	82.10
26	63	0.813	80	94.69
27	64	0.707	70	72.73
28	65	0.675	67	58.85
29	65	0.592	59	88.14
30	66	0.842	83	96.11
31	66	0.683	68	75.54
32	67	0.527	52	52.28
33	68	0.792	78	80.07
34	69	0.715	71	77.68
35	69	0.780	77	97.32
平均	59.66	0.855	84.51	87.34
対Mo' 相関係数		0.6439	0.6481	———

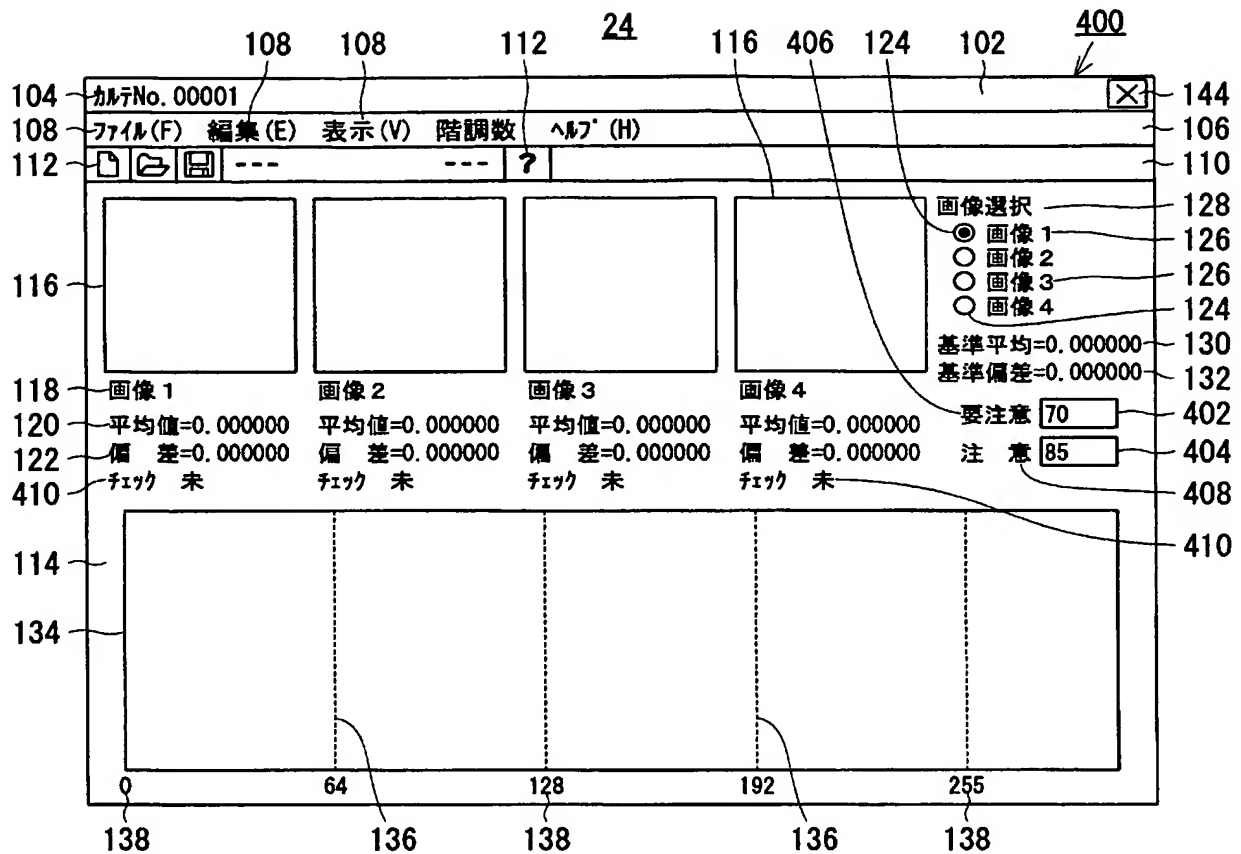
[図23]

T値 [%]	輝度平均値 Mo'
70 以下	71.41
71 ~ 80	84.89
81 ~ 99	87.68
100 以上	115.81

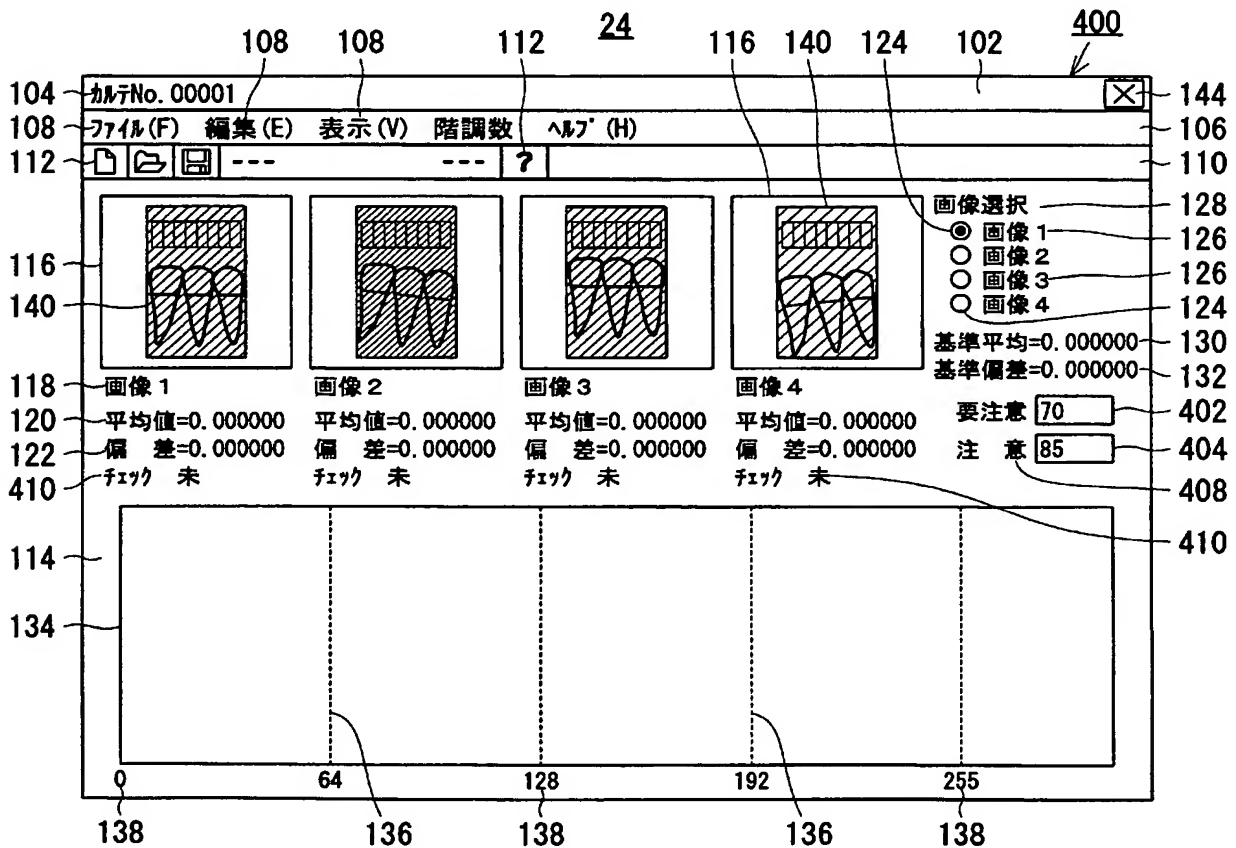
[図24]



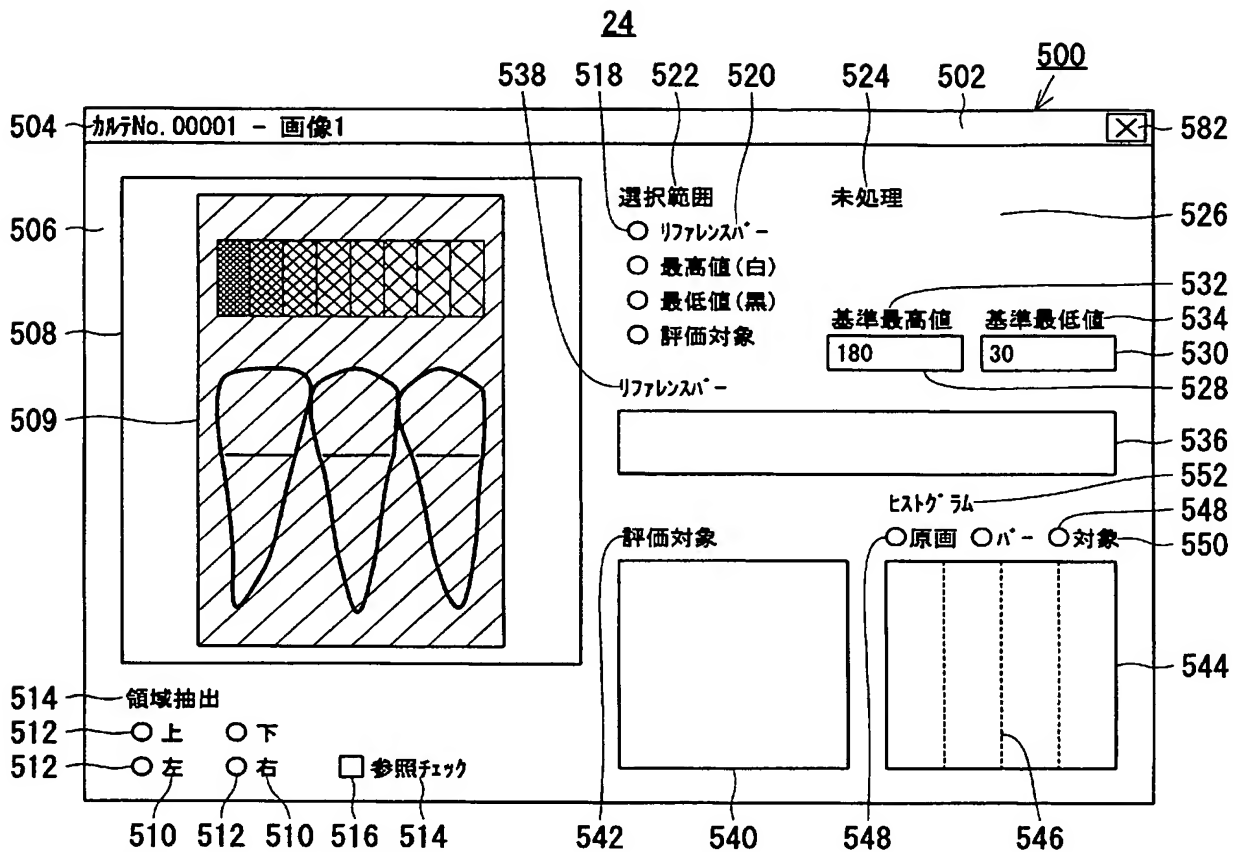
[図25]



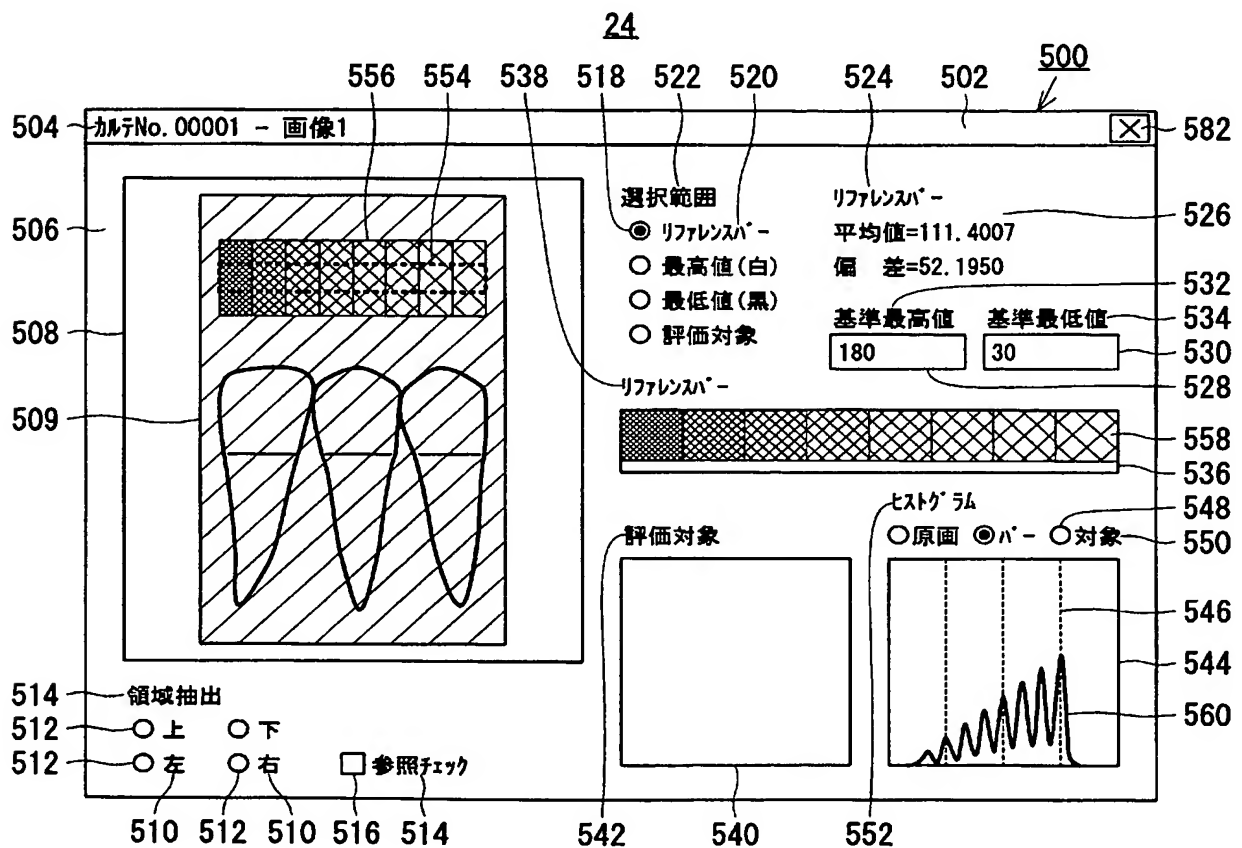
[図26]



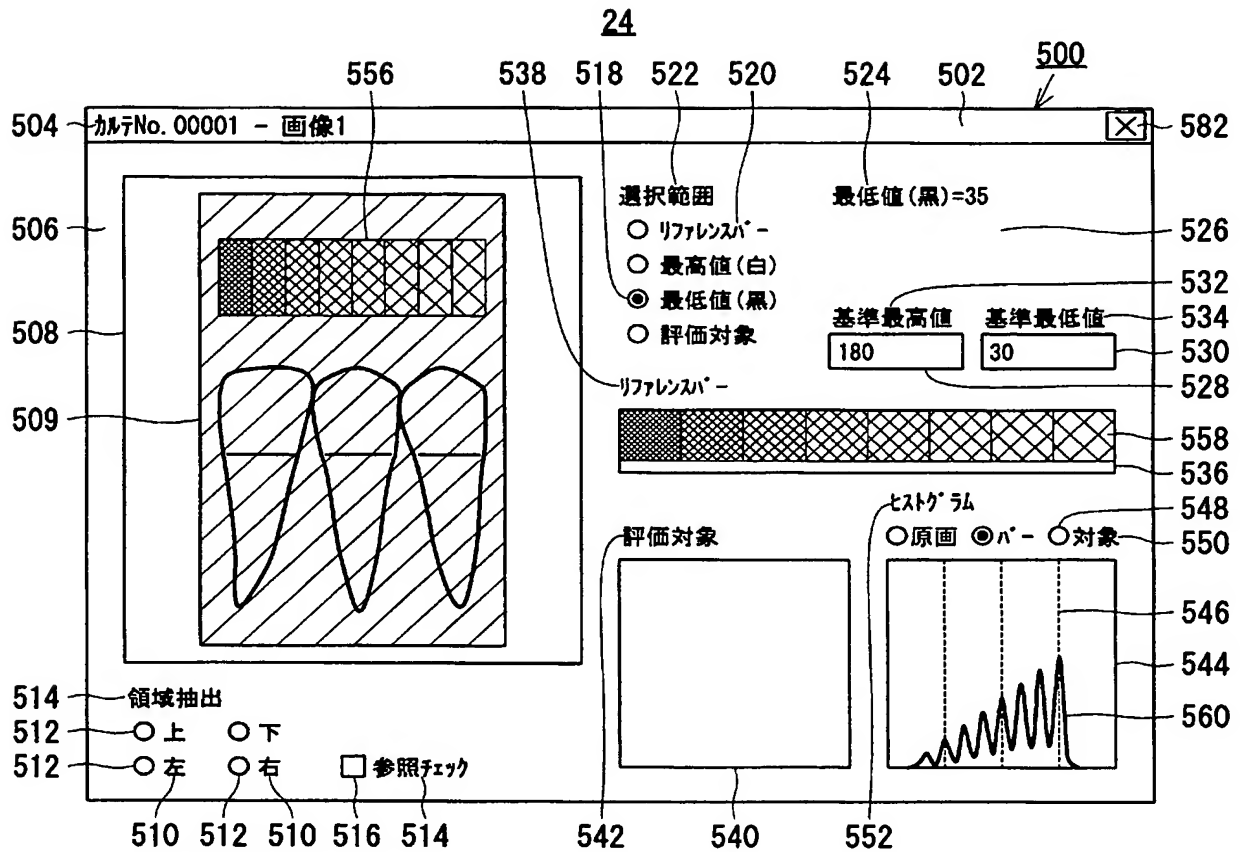
[図27]



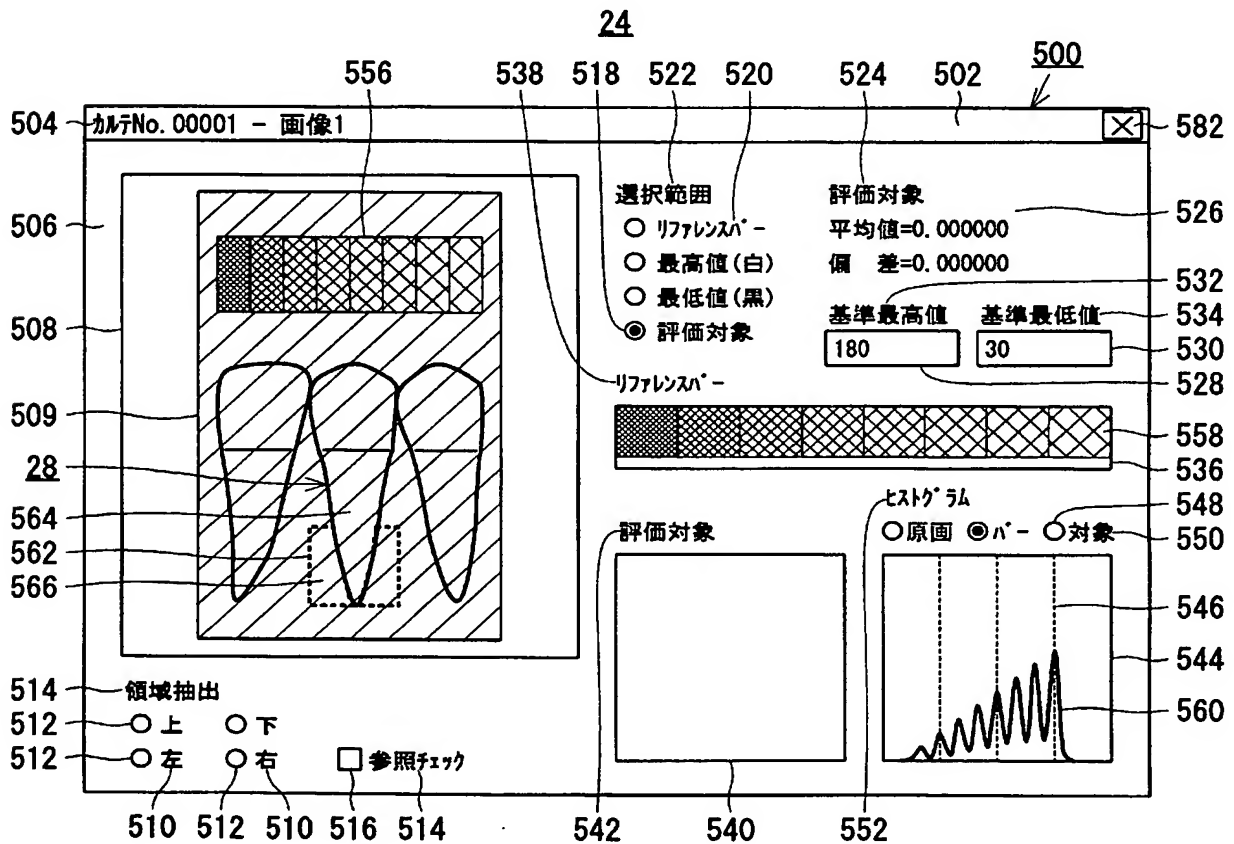
[図28]



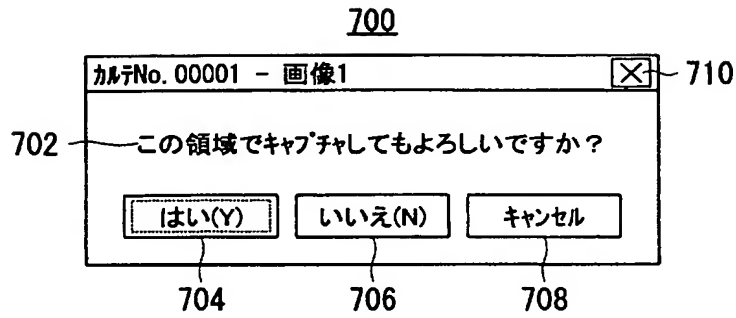
[図31]



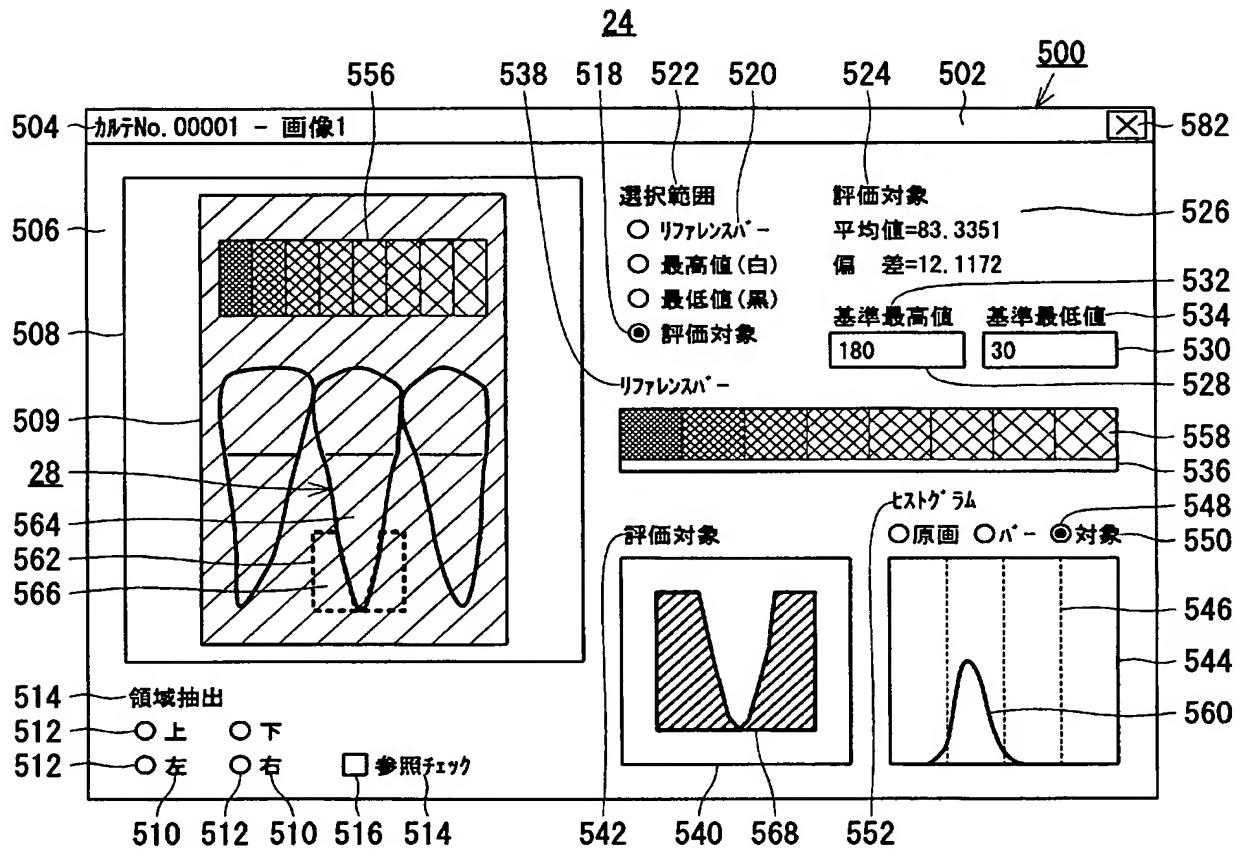
[図32]



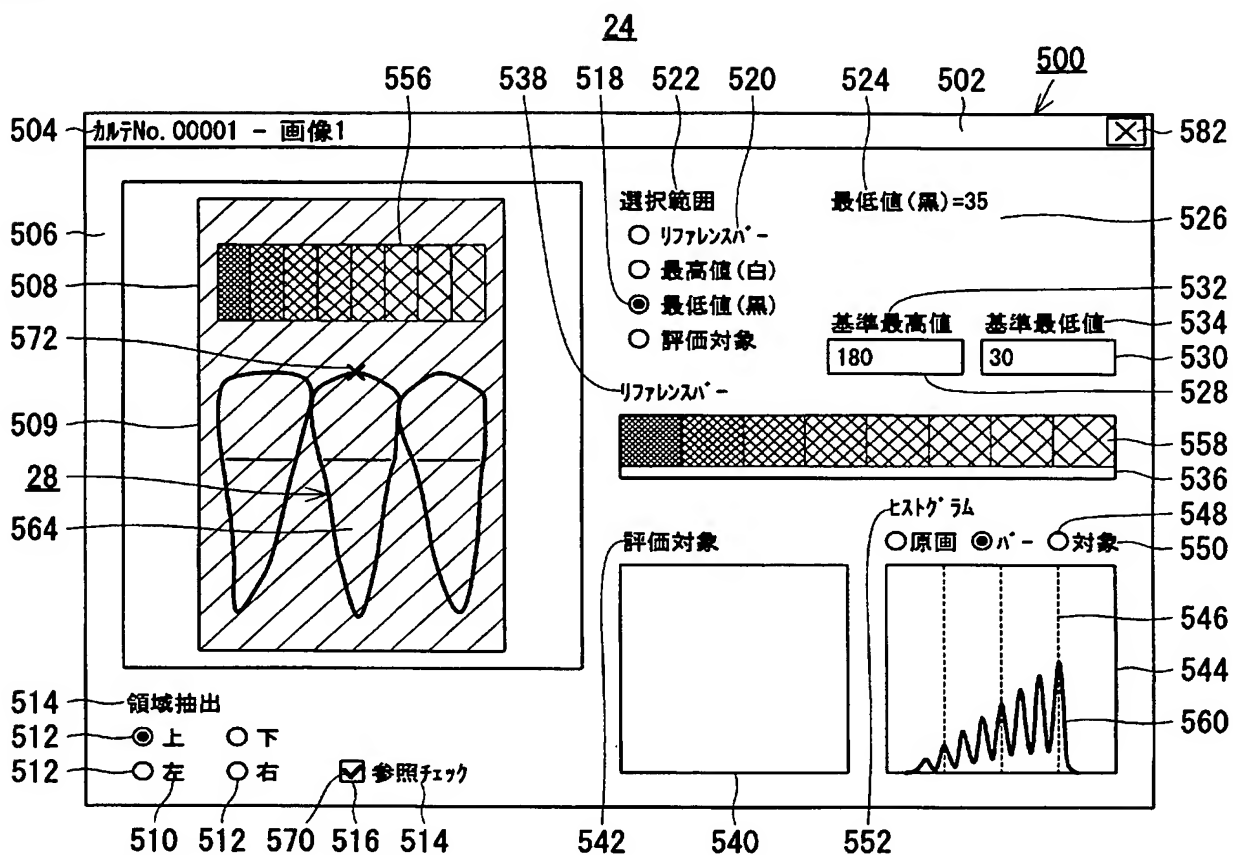
[図33]



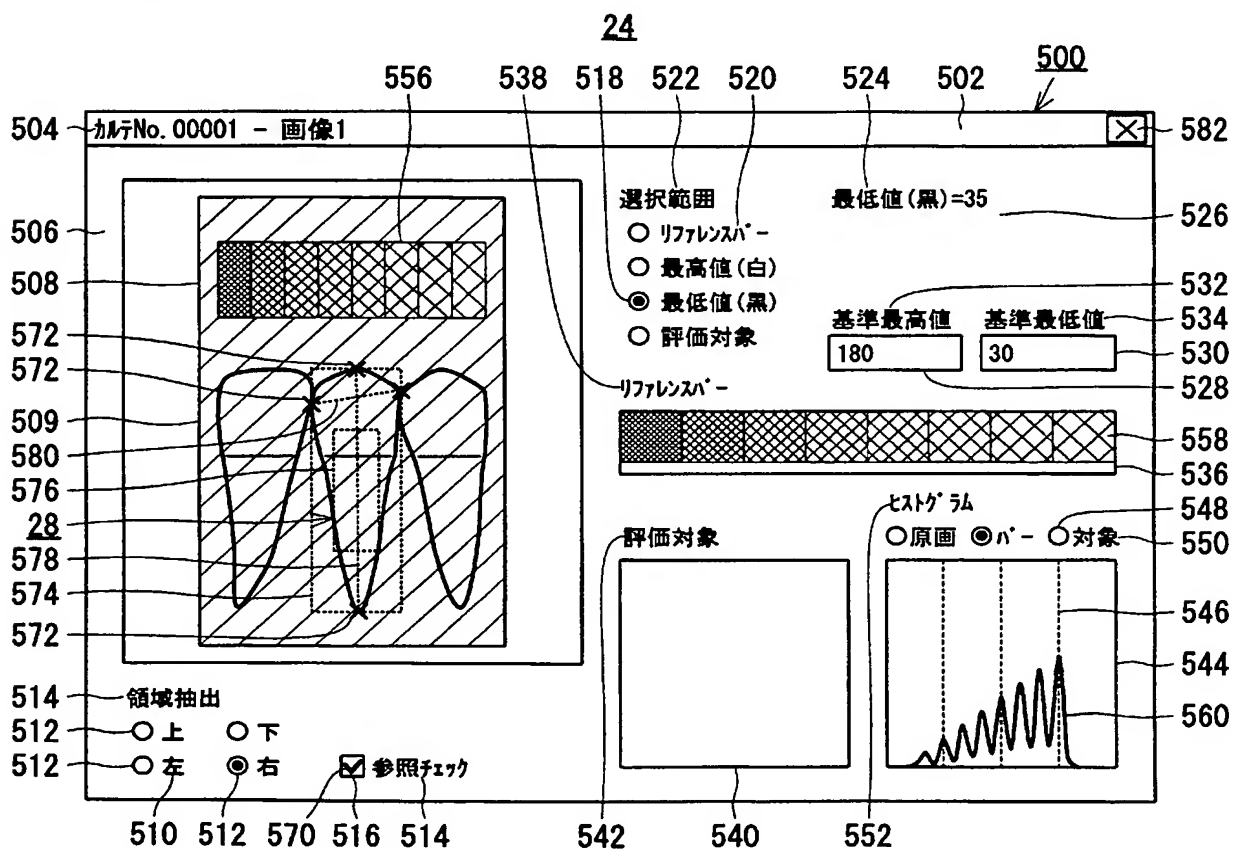
[図34]



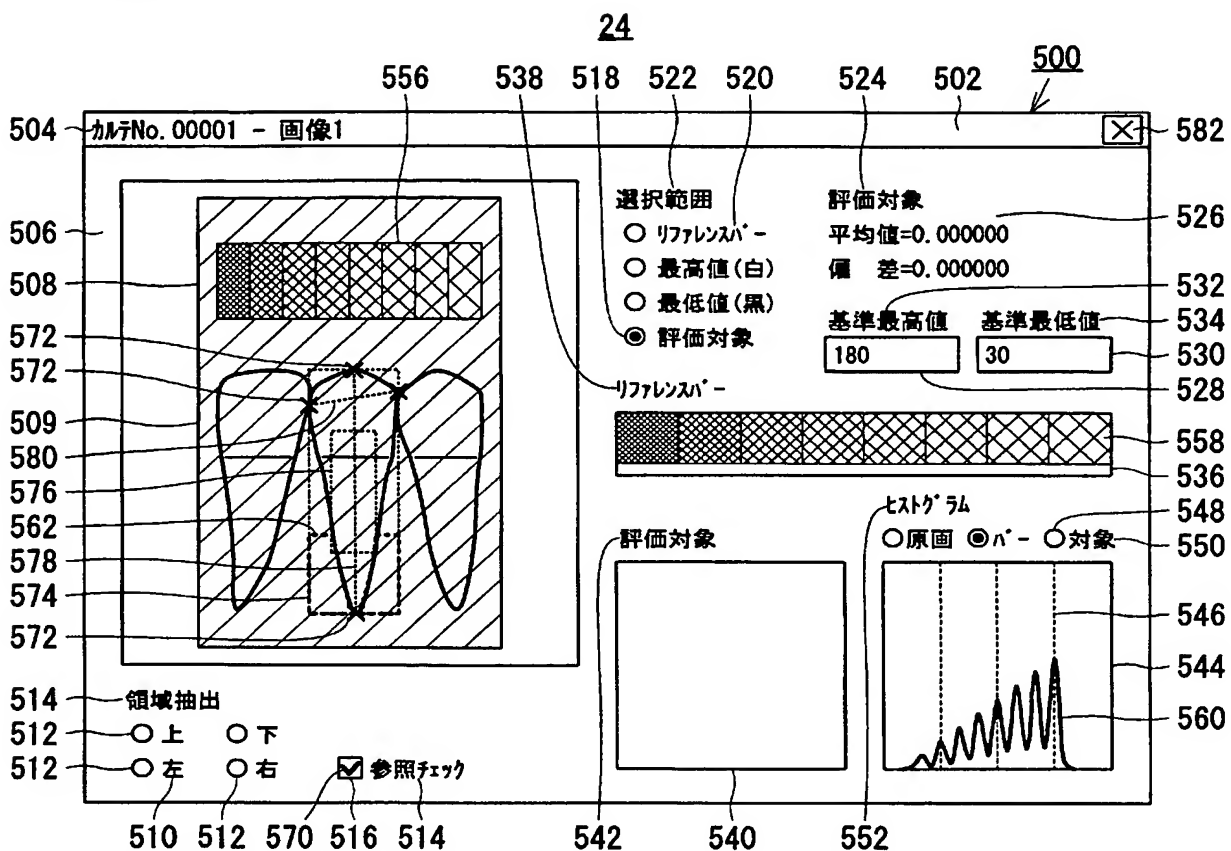
[図35]



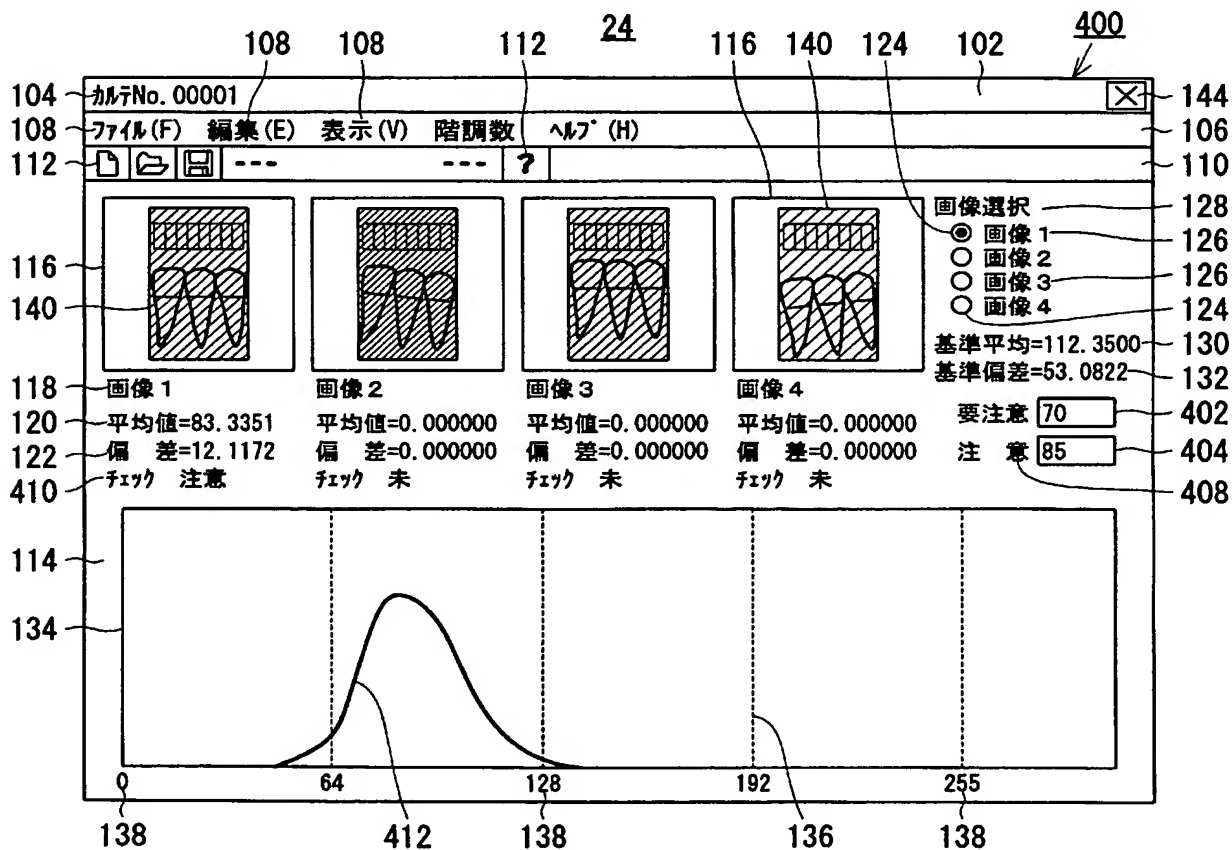
[図36]



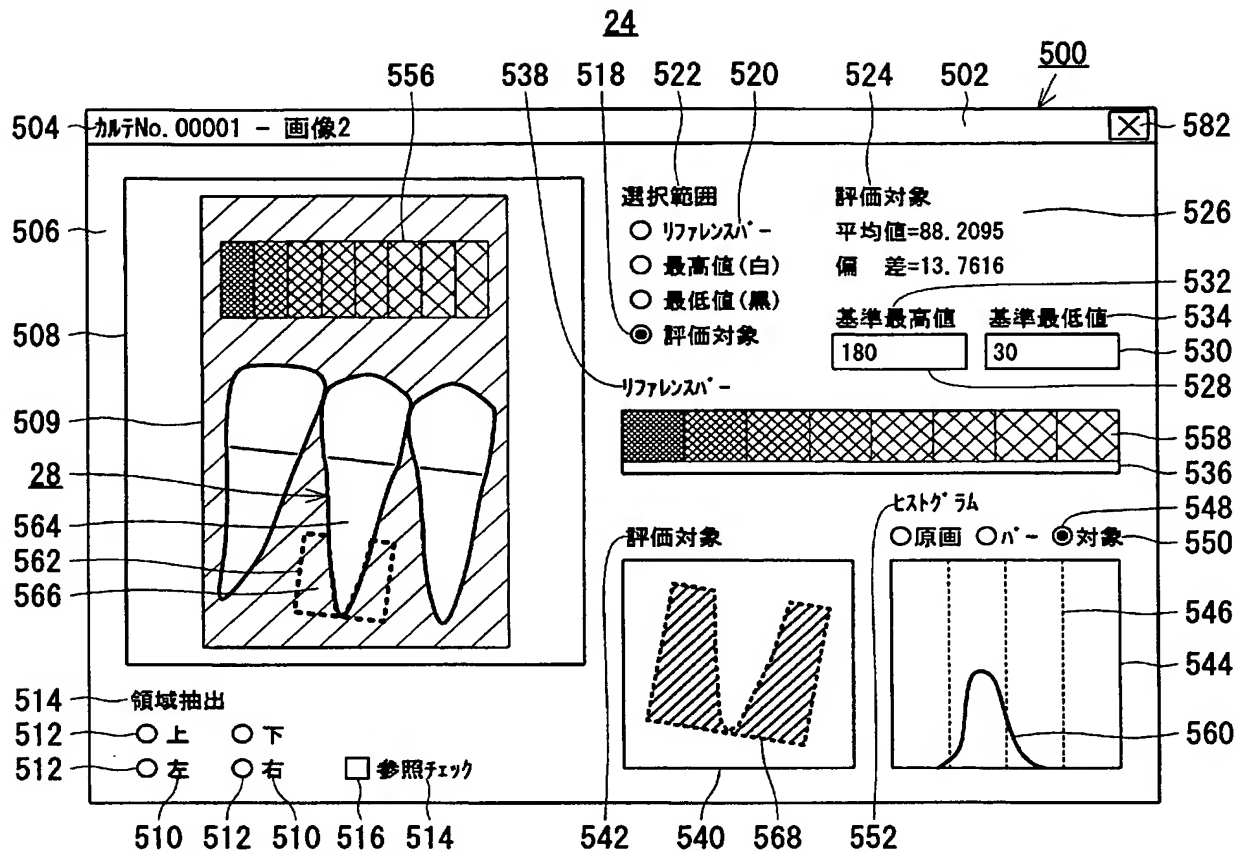
[図37]



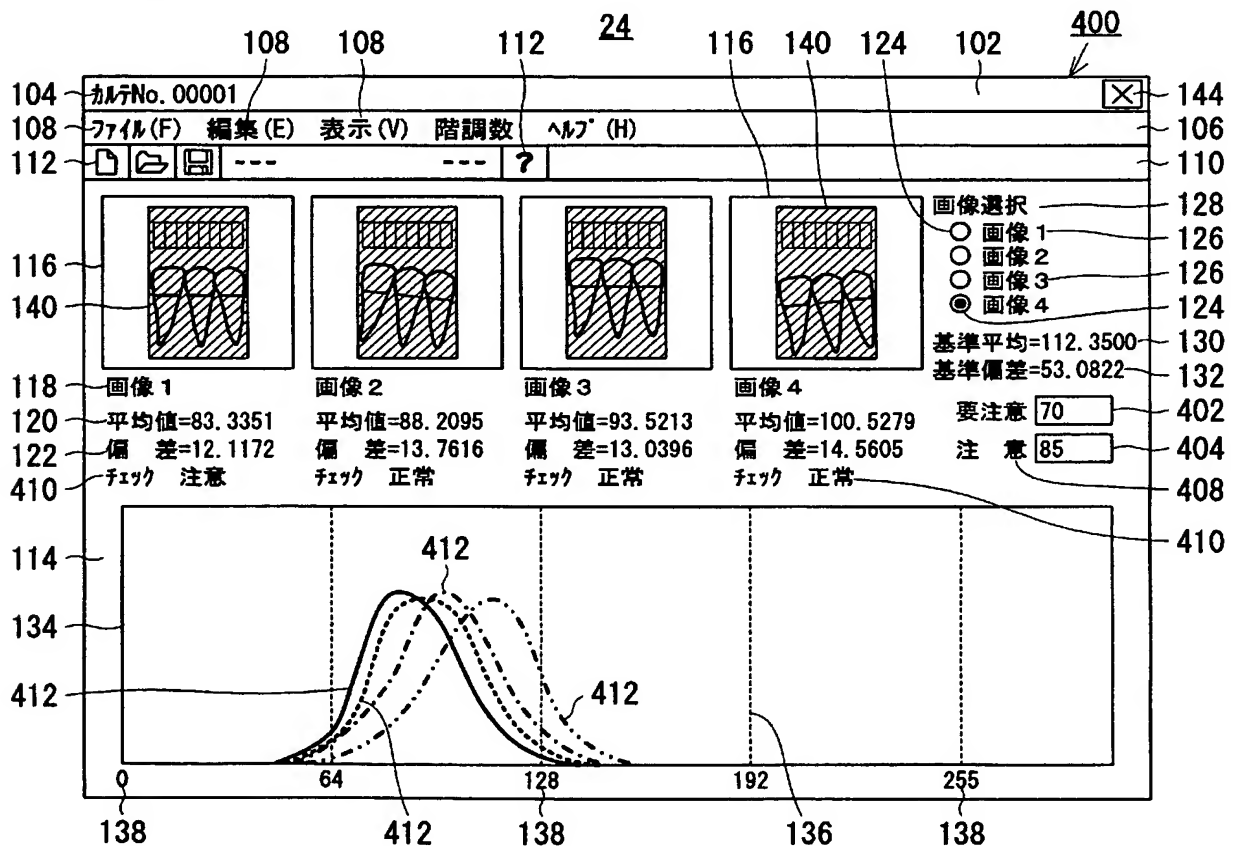
[图38]



[図39]



[図40]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010815

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ A61B6/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ A61B6/00-6/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 62-266053 A (Teijin Ltd.), 18 November, 1987 (18.11.87), Full text; Figs. 1 to 3	1, 2, 7, 9, 11
A	Full text; Figs. 1 to 3 (Family: none)	3-6, 8, 10
Y	JP 1-207043 A (Teijin Ltd.), 21 August, 1989 (21.08.89), Full text (Family: none)	1, 2, 7, 9, 11
A	JP 3-215256 A (Teijin Ltd.), 20 September, 1991 (20.09.91), Full text; Figs. 1 to 4 & EP 0411155 A1	1, 2, 7-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
17 September, 2004 (17.09.04)Date of mailing of the international search report
05 October, 2004 (05.10.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010815

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 7-148143 A (Teijin Ltd.), 13 June, 1995 (13.06.95), Full text; Fig. 1 (Family: none)	1, 2, 7-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B6/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ A61B6/00-6/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 62-266053 A (帝人株式会社) 1987. 11. 18 全文, 第1-3図	1, 2, 7, 9, 11
A	全文, 第1-3図 (ファミリーなし)	3-6, 8, 10
Y	JP 1-207043 A (帝人株式会社) 1989. 08. 21, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 7, 9, 11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

- の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
17. 09. 2004国際調査報告の発送日
05.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
安田 明央

2W 3410

電話番号 03-3581-1101 内線 3290

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 3-215256 A (帝人株式会社) 1991.09.20, 全文, 第1-4図 & EP 0411 155 A1	1, 2, 7- 11
A	JP 7-148143 A (帝人株式会社) 1995.06.13, 全文, 第1図 (ファミリーなし)	1, 2, 7- 11